



ENERGIENUTZUNGSPLAN

Gemeinde Rottach-Egern

Auftraggeber

Gemeinde Rottach-Egern

Auftragnehmer

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e.V., Penzberg

In Zusammenarbeit mit dem Energie-Planungsbüro Franz Hagn, Rottach-Egern

Dank

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Rathauses, die umfangreiches Datenmaterial sowie Hintergrundwissen zu den Liegenschaften der Gemeinde Rottach-Egern zur Verfügung stellten.

Bei der Erstellung des Energienutzungsplans haben dankenswerter Weise sowohl Handwerker, Energieberater, Kaminkehrer und Planer als auch das für Rottach-Egern zuständige Forstrevier Tegernsee mitgewirkt.

Titelbild

Stefan Drexelmeier

Impressum

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e. V.
Am Alten Kraftwerk 4
82377 Penzberg
Tel.: 08856 80536-0
Fax: 08856 80536-29
E-Mail: info@kompetenzzentrum-energie.info
Web: www.kompetenzzentrum-energie.info

Vertretungsberechtigter Vorstand: Stefan Drexelmeier

Registergericht: Amtsgericht München
Registernummer: VR 204261

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungen	IX
Vorwort.....	X
1 Einleitung	12
1.1 Ausgangslage	13
1.1.1 Übersicht Rottach-Egern.....	13
1.1.2 Demographie	14
1.1.3 Wirtschaft und Flächennutzung	15
1.1.4 Natur und Landschaftsschutz.....	17
1.1.5 Klima	18
2 Bestandsanalyse	20
2.1 Strom.....	22
2.2 Wärme	24
2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster	27
2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking	28
2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch	29
2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch	30
2.5 Primärenergiebedarf.....	31
2.6 CO ₂ - Bilanz	32
2.7 Vergleichende Betrachtung.....	33
3 Potenzialanalyse.....	35
3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035.....	35
3.1.1 Einsparpotenziale Strom.....	36
3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand.....	36
3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung.....	39
3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale.....	40
3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)	40
3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik	44

3.2.3	Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft.....	45
3.2.4	Windenergie.....	50
3.2.5	Wasserkraft.....	53
3.2.6	Oberflächennahe Geothermie	53
3.2.7	Tiefengeothermie	64
3.3	Abwärmepotenziale	65
3.4	E-Mobilität.....	66
4	Konzeptentwicklung	68
4.1	Handlungsbedarf und Handlungsoptionen	68
4.1.1	Strom.....	68
4.1.2	Wärme	70
4.1.3	Ausbauszenario Erneuerbare Energien	73
4.2	Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau	78
5	Maßnahmenempfehlungen für Rottach-Egern	80
5.1	Kommunale Liegenschaften.....	81
5.1.1	Grundschule.....	82
5.1.2	Mittelschule.....	87
5.1.3	Rathaus	91
5.1.4	Feuerwehr.....	93
5.1.5	Falianhaus Kinderhort.....	93
5.1.6	Photovoltaik auf kommunalen Wohngebäuden	94
5.1.7	Fortführung des kommunalen Energiemanagements	95
5.2	Wärmeverbund Ortsmitte	95
5.3	Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger.....	96
5.3.1	Energiekarawane Rottach-Egern.....	96
5.3.2	Austauschaktion „ältester Heizkessel“	98
5.4	Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde	99
5.4.1	Klimaschutz im Bürgerbote	99
5.4.2	Klimaschutz in der Bauleitplanung.....	100
5.4.3	Gründung Energie-Effizienz-Netzwerk für Hotels und Gastätten	100
5.5	Übersicht der Maßnahmen.....	102

6	Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte	104
6.1	Bonusprogramm TEG	104
6.2	PV-Speicher Programm	104
6.3	Verbraucherzentrale Bayern	105
6.4	KfW-Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren - Kredite	105
6.5	KfW-Programm 430 Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss.....	106
6.6	Programme für Unternehmen.....	107
6.7	BAFA-Zuschuss für erneuerbare Energien (Marktanreizprogramm)	107
6.7.1	Biomasse-Anlagen	107
6.7.2	Solarkollektoranlagen (thermisch)	108
6.7.3	Wärmepumpen (bis 100 kW Nennwärmeleistung)	109
6.7.4	Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen (BAFA).....	110
6.7.5	Heizungsoptimierung	112
6.7.6	Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)	112
7	Anhang	113
8	Literaturverzeichnis.....	116

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Rottach-Egern.	13
Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Rottach-Egern von 1960-2016 und Vorberechnung für den 31.12.2035 (LfStat 2017, 2018c).....	14
Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Rottach-Egern (LfStat 2018b).	15
Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Rottach-Egern (LfStat 2018a).	16
Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Rottach-Egern (LfStat 2018d).	17
Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Rottach-Egern.	18
Abbildung 1-7: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologische. Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018).	19
Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme.	20
Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2016 in Rottach-Egern.	21
Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Rottach-Egern nach Sektoren im Jahr 2018 (E-Werk Tegernsee 2018)	22
Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Stromverbrauch (links) und -erzeugung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) (E-Werk Tegernsee 2018).	23
Abbildung 2-5: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen (Strom) in Rottach-Egern. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung	24
Abbildung 2-6: "Heatmap": Darstellungs der Wärmebedarfsdichten in Rottach-Egern.	25
Abbildung 2-7: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Rottach-Egern (2016).....	26
Abbildung 2-8: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Rottach-Egern [kWh/a].....	27
Abbildung 2-9: Exemplarischer Ausschnitt aus der Wärmedichtekarte von Rottach-Egern [MWh/(ha*a)]. .	28
Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2017 im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert.	29
Abbildung 2-11: Anteil der Energieträger am gesamten Heizwärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften 2017/2018	30
Abbildung 2-12: Primärenergiebilanz der Gemeinde Rottach-Egern für die Jahre 2014 - 2016.	32
Abbildung 2-13: CO ₂ -Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2016 in Rottach-Egern.	33
Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2011).	35
Abbildung 3-2: "Heatmap": Wärmedichte in Rottach-Egern nach Sanierung aller Bestandsgebäude der Baualtersklassen C bis F auf EnEV 2014-Standard.	37
Abbildung 3-3: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Rottach-Egern.	38
Abbildung 3-4: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Rottach-Egern (Basiskarte: OpenStreetMap.org).	40

Abbildung 3-5: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016).	41
Abbildung 3-6: Forstliche Übersichtskarte mit Eigentumsverhältnissen in Rottach-Egern.	46
Abbildung 3-7: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts und Staatswärdern auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern.	47
Abbildung 3-8: Die sich aus dem Nutztierbestand in Rottach-Egern ergebenden Biogaspotenziale.	49
Abbildung 3-9: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern 2017).	50
Abbildung 3-10: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund.	51
Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund.	52
Abbildung 3-12: Gewässerkulisse von Rottach-Egern.	53
Abbildung 3-13: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Rottach-Egern.	56
Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Rottach-Egern.	57
Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Rottach-Egern.	58
Abbildung 3-16: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.	60
Abbildung 3-17: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de).	60
Abbildung 3-18: Schematischer Aufbau eines Wärmepumpenkreislaufs (Umweltministerium Baden-Württemberg 2009).	62
Abbildung 3-19: Schematischer Aufbau eines Wärmepumpenzwischenkreislaufs (Umweltministerium Baden-Württemberg 2009).	63
Abbildung 3-20: Das Prinzip der Seewärmenutzung (Gaudard, A.; Bryner 2018).	64
Abbildung 3-21: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung.	65
Abbildung 3-22: Die Verknüpfung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne und E-Mobilität kann zukünftig einen Beitrag leisten, um die verkehrsbedingten Emissionen in der Region zu senken.	67
Abbildung 4-1: Anteil des in Rottach-Egern erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstrombezug und der fossilen Stromerzeugung.	68
Abbildung 4-2: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Rottach-Egern.	70
Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2016 in Rottach-Egern.	70
Abbildung 4-4: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Rottach-Egern.	72
Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Rottach-Egern.	74
Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Rottach-Egern.	75

Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Rottach-Egern.	76
Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten 2016 für Wärme und Strom in Rottach-Egern.	79
Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung in 2016 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien.	79
Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.	81
Abbildung 5-2: Energieverbrauch und -kosten der Heizungsanlage der Schulen.	83
Abbildung 5-3: Jahresdauerlinie einer Pelletanlage mit Gas-Spitzenlastkessel.	84
Abbildung 5-4: Jahresdauerlinie eines BHKWs mit Spitzenlastkessel.	85
Abbildung 5-5: Vergleich der CO ₂ -Emissionen der verschiedenen Varianten.	85
Abbildung 5-6: Vergleich der jährlichen Ausgaben der verschiedenen Varianten.	86
Abbildung 5-7: Wärmebild der Außenfassade der Mittelschule.	87
Abbildung 5-8: U-Wert Berechnung der Außenwand im Bestand.	88
Abbildung 5-9: U-Wert Berechnung der Außenwand nach Sanierung.	89
Abbildung 5-10: Zusammenhang zwischen Konzentrationsfähigkeit und CO ₂ -Gehalt in der Raumluft.	89
Abbildung 5-11: Zusammensetzung der Kosten im Falle einer Sanierung (Energie-Experten.org)	90
Abbildung 5-12: PV-Anlage auf dem Schulhaus.	90
Abbildung 5-13: Holzfenster aus dem Jahr 1970 (oben) und Heizkörper (unten) aktuell im Bestand.	91
Abbildung 5-14: PV-Anlage auf dem Süddach des Rathauses.	92
Abbildung 5-15: PV-Anlage auf dem Feuerwehrhaus.	93
Abbildung 5-16: Konventionelle Stromlieferung vs. Mieterstrommodell.	95
Abbildung 6-1: Zuschuss für Mini-BHKWs.	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Rottach-Egern im Jahr 2016 nach Energieträgern und zugehörige Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1:2011-12.....	32
Tabelle 2-2: CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (E-Werk Tegernsee 2017; kea 2016; Umweltbundesamt 2018).....	33
Tabelle 2-3: Einwohnerspezifischer Vergleich der Endenergie- und CO ₂ -Bilanz 2016 (E-Werk Tegernsee 2018; LfStat 2018d, 2018c).....	34
Tabelle 3-1: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born 2015, 153 ff).....	38
Tabelle 3-2: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Rottach-Egern.....	42
Tabelle 3-3: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Rottach-Egern.....	43
Tabelle 3-4: Berechnungsgrundlage zur Abschätzung des Biogaspotenzials in Rottach-Egern (FNR 2014).....	48
Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.....	105
Tabelle 6-2: Fördermittelübersicht Biomasse aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien: Basis- und Zusatzförderung (Zuschuss) (BAFA 2018a).....	108
Tabelle 6-3: Fördermittelübersicht Solarthermie aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).....	109
Tabelle 6-4: Fördermittelübersicht Wärmepumpen aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).....	110
Tabelle 6-5: Basisförderung bei Mini-KWK-Anlagen (BAFA 2018b).....	111
Tabelle 6-6: Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).....	112

Abkürzungen

ALKIS	A mtliches L iegenschafts k ataster i nformationssystem
LWF	B ayerische Landesanstalt für W ald und F orstwirtschaft
BAFA	B undes a mt für Wirtschaft und A usfuhrkontrolle
BImSchG	B undesimmissionss sch utz g esetz
BSW	B undesverband S olarwirtschaft e.V.
BWE	B undesverband W ind E nergie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
dena	D eutsche E nergie A gentur
DGS	D eutsche G esellschaft für S onnenenergie e.V.
DWD	D eutscher W etter d ienst
EKO	Energiewende Oberland – Kompetenzzentrum Energie EKO e.V.
EnEV	E nergie E inspar V erordnung
ENP	E nergienu n utzungs p lan
EW	E in w ohner
EWO	E nergiewende O berland
Fm	F est m eter
GW	G igawatt
GWh	Gigawattstunde
INOLA	Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement
KBA	K raftfahrt- B undesamt
KfW	K reditanstalt für W iederaufbau
KU	K ommunal u nternehmen
kW	K ilowatt
kWh	Kilowattstunde
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Landesamt für U mweltschutz
LfStat	Bayerisches Landesamt für S tatistik
LMU	Ludwigs- M aximilians- U niversität München
m ²	Quadratmeter
MW	M egawatt
MWh	Megawattstunde
PV	P hotovoltaik
SMG	S tandort M arketing G esellschaft Miesbach
Srm	S chüttraum m eter
ST	S olar t hermie
TP	T ier p latz
TUM	T echnische U niversität M ünchen
VDI	V erein D eutscher I ngenieure

Vorwort

Sehr geehrte Mitbürgerinnen und Mitbürger,

Was würde wohl der Sägewerksbesitzer Carl Miller sagen, wenn er wüsste, dass man aus Siliziumplatten einmal Strom erzeugen kann?

Mit den ersten Schritten zur elektrischen Beleuchtung durch eine Wasserkraftanlage bringt Carl Miller innovative Technologie ins Tegernseer Tal. Für unsere Vorfahren war die Einführung dieser Technologie eine wesentliche Erleichterung vor allem in den Wintermonaten. Heute wird für die Beleuchtung von Straßen und Gebäuden nur noch ein Bruchteil des gesamten Stromverbrauchs verwendet. Unzählige Elektrogeräte sorgen für hohe Verbräuche. Mittlerweile wird das Stromnetz europaweit organisiert, so dass immer genügend Strom zur Verfügung steht.

Trotzdem wird im Tegernseer Tal die Wasserkraft weiterhin genutzt und stellt einen Teil der regenerativen Stromversorgung dar. Zusätzlich können neue Technologien wie z.B. die Photovoltaik weiter dabei helfen, den Anteil von fossil erzeugtem Strom, den wir beziehen zu reduzieren.

Die Gemeinde Rottach-Egern unterstützte bereits im Jahr 2006 mit der Zustiftung die Bürgerstiftung Energiewende Oberland. Damit schloss sie sich auch deren Ziel an, bis zum Jahr 2035 unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Allen Beteiligten war klar, dass es besonders für die touristisch geprägte Region eine große Herausforderung sein wird, Landschafts- und Ortsbild mit diesem Ziel zu vereinbaren. Zudem ist ein hoher Strom- und Wärmeverbrauch im Bereich von gehobenen Hotels und Gaststätten nicht zu vermeiden.

Um weitere Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende in der Gemeinde voran zu bringen, hat der Gemeinderat im Jahr 2018 das EWO-Kompetenzzentrum Energie mit der Erstellung eines Energienutzungsplanes für das gesamte Gemeindegebiet beauftragt. Zusammen mit unseren Mitarbeitern/-innen im Rathaus, ansässigen Firmen, Handwerksbetrieben, Bürger/-innen, sowie Vertretern der Forst- und Landwirtschaft wurden seitdem zahlreiche Ideen „gesammelt“ und Vorschläge erarbeitet wie die Gemeinde Rottach-Egern in Sachen Energie zukunftsfähiger gemacht werden kann.

Als Unternehmer hat Carl Miller die vielseitigen Anwendungen von Strom für Beleuchtung und Maschinen frühzeitig erkannt. Sicherlich wäre er von den technischen Möglichkeiten fasziniert, mit denen wir heute regenerative Energien für Strom, Wärme und Mobilität einsetzen können.

Für uns besteht die Herausforderung, einen Weg einzuschlagen, der unsere Region zukunftsfähig erhält und dennoch die Vorteile einer modernen regenerativen Energieversorgung nutzt.



Christian Köck,

1. Bürgermeister der Gemeinde Rottach-Egern



1 Einleitung

Der vorliegende Energienutzungsplan stellt eine umfassende Analyse des Ist-Standes der Energiewende in der Gemeinde Rottach-Egern dar und erfasst zudem alle auf dem Gemeindegebiet vorhandenen und nach derzeitigem Stand der Technik nutzbaren Potenziale erneuerbarer Energieträger für eine nachhaltige Energieversorgung.

Mit diesem Energienutzungsplan erhält die Gemeinde einen Leitfaden, wie sie die lokale Energiewende weiter vorantreiben kann. Vor allem in der Wärmewende gibt es noch großen Handlungsbedarf und Potenziale.

Als Tourismusregion steht das Tegernseer Tal vor der besonderen Herausforderung, die attraktive Landschaft und deren Kommunen naturverträglich zu gestalten und dennoch den Ausbau erneuerbarer Energien voran zu treiben. Hätten die Generationen im vergangenen Jahrhundert jedoch lediglich auf das Bewahren der Ist-Situation bestanden, wäre das Tal heute nicht so gut erschlossen und damit wirtschaftlich wesentlich schwächer. Bei der zukünftigen Gestaltung von Gebäuden wird die Energiewende sichtbar sein, was die Attraktivität der Region nicht zwingend mindert.

Um die mit der Energiewende einhergehenden Veränderungen abzustimmen wurden die Maßnahmenvorschläge im Gemeindegebiet in Zusammenarbeit mit zahlreichen lokalen Akteuren erstellt. Daraus entstehen besonders wichtige Bausteine bei der Konzeptentwicklung.

Ferner enthält dieses Konzept Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sowohl für den Ausbau erneuerbarer Energien in Rottach-Egern als auch für die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen. Dabei gilt es neben den betriebswirtschaftlichen Kriterien auch die Ausstrahlungseffekte auf die kommunale und regionale Wertschöpfung mit zu berücksichtigen, die bei der Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung generiert werden. Immer dort wo möglich, wurden die Ergebnisse des Energienutzungsplanes durch Karten- oder Diagrammdarstellungen visualisiert, um die Ergebnisse anschaulich zu vermitteln.

1.1 Ausgangslage

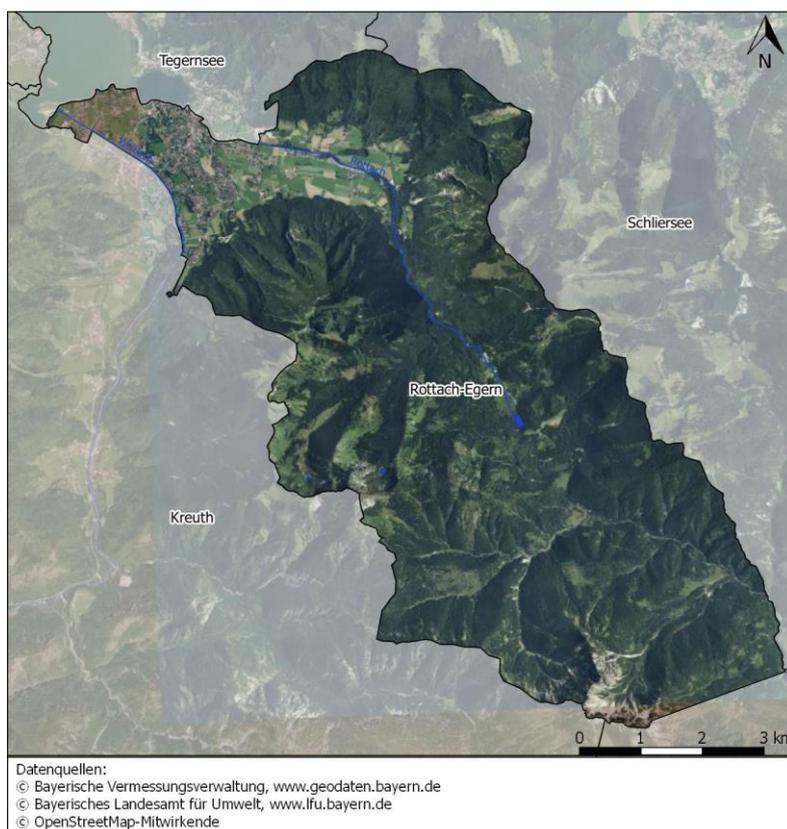
Klimaschutz und Energiewende auf kommunaler Ebene sind eng verzahnt mit den naturräumlichen sowie den sozioökonomischen Gegebenheiten der Region. Eine wichtige Arbeitsgrundlage für den Energienutzungsplan der Gemeinde Rottach-Egern ist deshalb die Erfassung folgender Rahmendaten:

- Demographie
- Siedlungs- und Gebäudestruktur
- Natur- und Landschaftsschutz
- Klimatische Rahmenbedingungen

Diesen Kapiteln vorangestellt ist eine kurze Übersicht über Rottach-Egern.

1.1.1 Übersicht Rottach-Egern

Rottach-Egern liegt im Tegernseer Tal am Fuße des 1.722 m hohen Wallbergs und am Südufer des Tegernsees. Durch die Tegernseer Zunge des Inngletschers und des abschmelzenden Gletschereises entstanden außer dem Tegernsee einige weitere kleinere Seen im Gemeindegebiet (Abbildung 1-1). Die Rottach durchzieht das Gemeindegebiet von Rottach-Egern und bildet letztendlich die Grenze zur Stadt Tegernsee. Als natürliche Grenze zum Gemeindegebiet von Kreuth verläuft die Weißach im Westen von Rottach-Egern. Die Gemeindefläche beträgt 59 km², wovon nur knapp ein Drittel besiedelt und



bewirtschaftet ist. Die besiedelte Fläche konzentriert sich auf den nördlichen Teil der Gemeindefläche und befindet sich in einer Höhenlage um 736 m ü. NN. Der restliche Bereich sind hauptsächlich Berggebiete mit einer Höhenerstreckung bis 1.790 m ü. NN. Nachbarkommunen sind Tegernsee, Schliersee und Kreuth. Im Süden grenzt Rottach-Egern an das Gemeindegebiet von Brandenberg (Tirol).

Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Rottach-Egern.

1.1.2 Demographie

In Rottach-Egern leben aktuell (Stand: 31.12.2016) 5.838 Einwohner (EW). Das entspricht einer Bevölkerungsdichte von 99 EW/km². Hinzu kommen rund 2.000 Personen, die in Rottach-Egern einen Zweitwohnsitz angemeldet haben. Wie Abbildung 1-2 verdeutlicht, ist die Bevölkerungszahl in den vergangenen Jahrzehnten stark gewachsen. Im Vergleich zu 1960 stieg sie von 4.705 EW um 24 % (LfStat 2018c). Unter Annahme der Bevölkerungsvorausberechnung des Landesamtes für Statistik für den Landkreis Miesbach (+8,8%) ist mit einem weiteren Anstieg der Einwohnerzahlen bis zum Jahr 2035 auf 6.256 EW zu rechnen (LfStat 2018c).

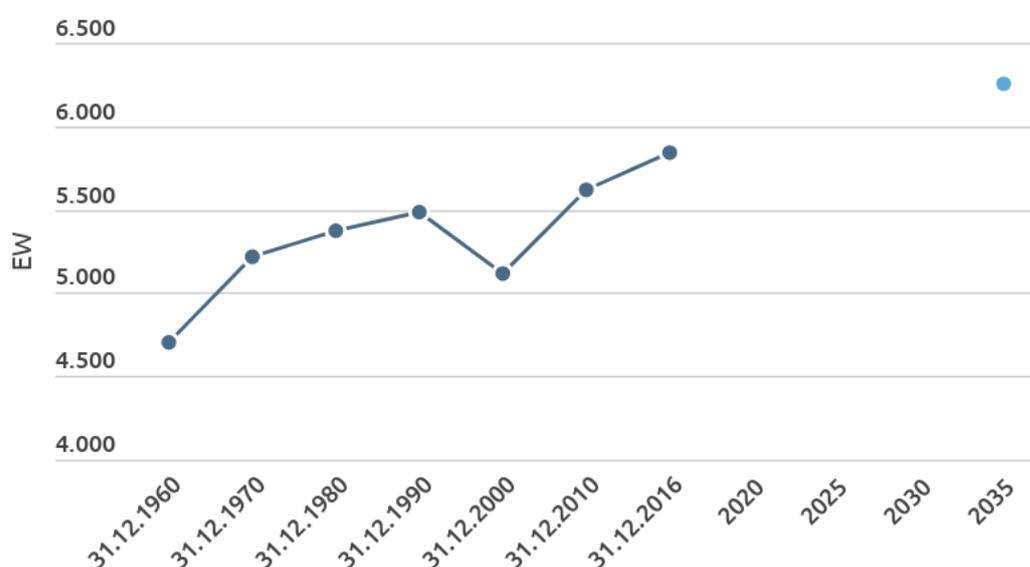


Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Rottach-Egern von 1960-2016 und Vorausberechnung für den 31.12.2035 (LfStat 2017, 2018c).

Auch in der Altersstruktur der Bevölkerung kann beim Vergleich der Jahre 1987 und 2016 ein Wandel festgestellt werden. Aus Abbildung 1-3 ist eine Abnahme der Einwohnerzahlen in den Altersgruppen zwischen 18 und 50 Jahren und eine Zunahme der Altersgruppen ab 50 – Plus zu erkennen. Dagegen sind die Bevölkerungszahlen bei den jüngeren Altersgruppen nahezu gleich geblieben bzw. in der Gruppe der 6 – 15-jährigen leicht angestiegen.

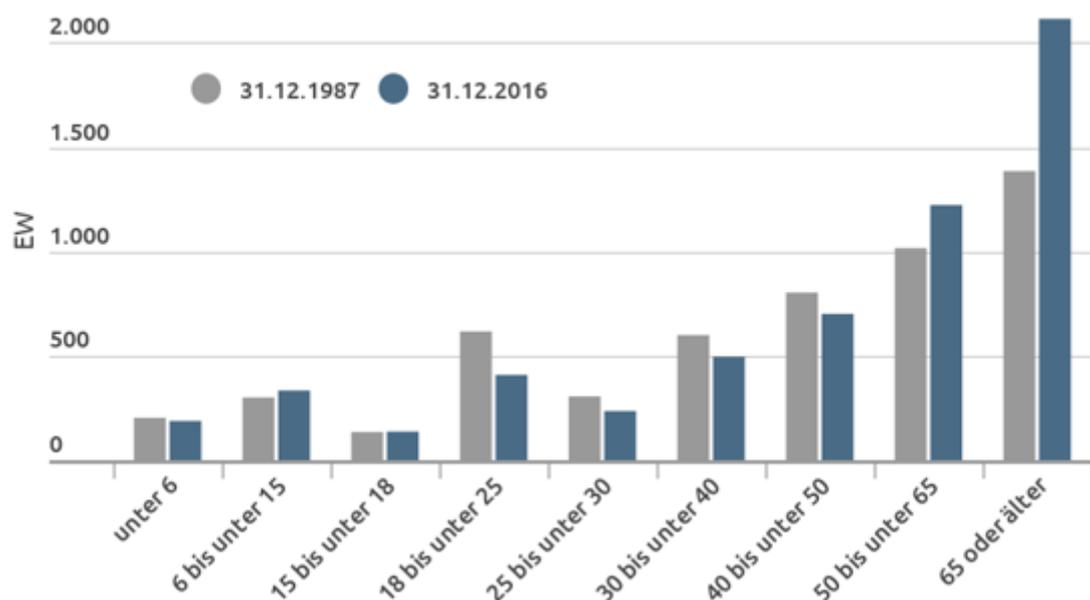


Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Rottach-Egern (LfStat 2018b).

Sowohl der zu erwartende Bevölkerungsanstieg als auch der demographische Wandel sind in Bezug auf die Entwicklung von zukünftigen Szenarien oder Kampagnen zu berücksichtigen. Nicht nur wird sich durch einen Bevölkerungsanstieg der Energiebedarf verändern, auch die Zielaltersgruppen und das Entscheidungsverhalten von Akteuren, beispielsweise bei der Gebäudesanierung oder beim Einsatz neuer Technologien, können sich verschieben.

1.1.3 Wirtschaft und Flächennutzung

Die Beschäftigungsquote in Rottach-Egern beträgt 51,8 % und ist demnach etwas niedriger als die des gesamten Landkreises Miesbach (59,5 %) (LfStat 2018g). Die hohe Kaufkraft (27.553 €/EW) im Landkreis Miesbach zeugt allerdings von einer guten Wirtschaftslage in der Region. Deutschlandweit liegt der Landkreis damit an zehnter Stelle (GfK 2017). Mit Stand vom 30.06.2016 sind in der Gemeinde Rottach-Egern 2.254 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gemeldet. Rund 74 % davon sind im Sektor Handel/Verkehr/Gastgewerbe beschäftigt. Die restlichen Beschäftigten verteilen sich zu etwa gleichen Teilen auf die Sektoren Produzierendes Gewerbe und Unternehmensdienstleistungen. Keine Personen sind hingegen in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft und öffentliche/private Dienstleistungen gemeldet (LfStat 2018f). Diese Verteilung zeigt die bedeutende wirtschaftliche Rolle des Tourismus in Rottach-Egern. Es existieren rund 65 Gastronomiebetriebe und über 50 Beherbergungsbetriebe (mind. 10 Gästebetten) mit insgesamt mehr als 2.500 Betten. Hinzu kommen zahlreiche kleinere Gästehäuser und Ferienwohnungen. Rund 400.000 Übernachtungen wurden im Jahr 2016 verzeichnet (LfStat 2018h; Tegernseer Tal Tourismus GmbH 2018). Tourismusbetriebe haben erfahrungsgemäß einen hohen Energiebedarf. Bei der Maßnahmenentwicklung und Potenzialermittlung des

Energienutzungsplanes für die Gemeinde wird die Funktion als Tourismusort deswegen explizit berücksichtigt

Durch die kommunalen Bildungs- und Betreuungseinrichtungen, worunter eine Grund- und Mittelschule, eine Musikschule sowie ein Kindergarten und ein Kinderhort zählen, ergeben sich energetische Handlungsmöglichkeiten, welche im unmittelbaren Wirkungsbereich der Gemeinde liegen. Deshalb wird den kommunalen Liegenschaften bei der Erstellung des Energienutzungsplanes besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Gemeinde hat dort die Umsetzung selbst in der Hand und kann als Vorbild voranschreiten.

Betrachtet man die Flächennutzung des gesamten Gemeindegebietes so zeigt sich, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächen mit 6 % nur einen geringen Teil ausmachen. Mit einem Anteil von fast 70 % dominieren Waldflächen, gefolgt von rund 15 % Landwirtschaftsflächen und 9 % Flächen anderer Nutzung. Unter Anbetracht der abnehmenden Zahl an landwirtschaftlichen Betrieben werden sich auch Kulturlandschaft und Flächennutzung verändern (LfStat 2018a). Im Zuge dessen entstehen möglicherweise Flächen, welche unter nachhaltigen Gesichtspunkten für die Erzeugung erneuerbarer Energien genutzt werden können.

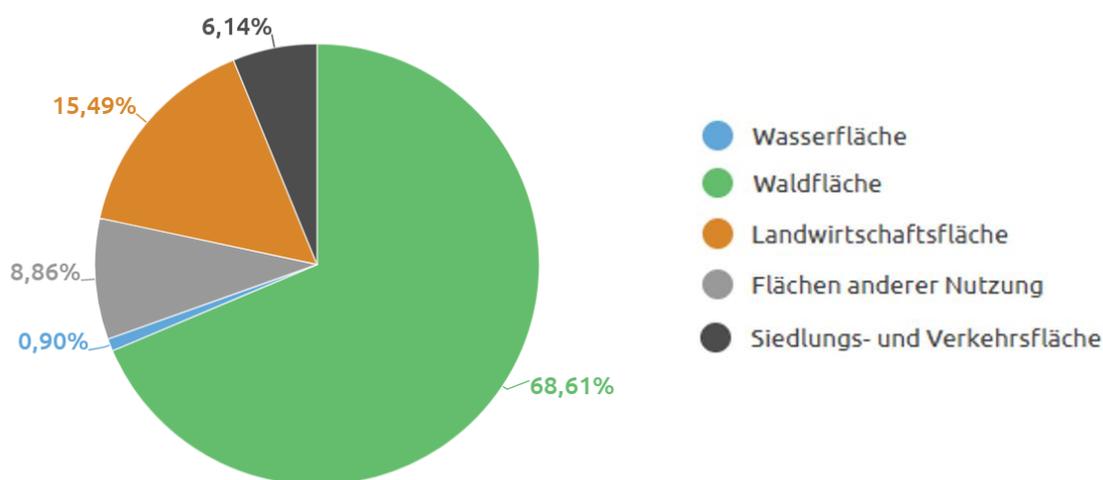


Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Rottach-Egern (LfStat 2018a).

Auch die Wohnbebauung hat in Rottach-Egern in den letzten Jahrzehnten zugenommen (Abbildung 1-5). Wohnfläche und Anzahl der Wohngebäude haben sich kontinuierlich erhöht. Vor allem ab 2010 ist ein deutlicher Sprung zu erkennen. Gleichzeitig steigt die Wohnfläche pro Einwohner, was auf die Zunahme der Einpersonenhaushalte und der zunehmenden Versorgung mit Eigenheimen in Verbindung mit der Tendenz, diese auch im Alter bei schrumpfender Haushaltsgröße beizubehalten, zurückzuführen ist. Heute existieren in Rottach-Egern insgesamt 1.734 Wohngebäude mit einer Gesamtwohnfläche von über 409.205 m² (LfStat 2018d). Unter Annahme einer weiter steigenden Bevölkerungszahl

ist ebenso von einer weiteren Zunahme des Verhältnisses der Wohnfläche zur Einwohnerzahl auszugehen. Prinzipiell ist damit auch eine Erhöhung des Heizwärmebedarfes pro Einwohner (EW) verbunden. Diese Größen sind für den vorliegenden Energienutzungsplan insbesondere bei der Ermittlung von Einsparmöglichkeiten im Wärmebereich relevant (vgl. Kapitel 3.1.2).

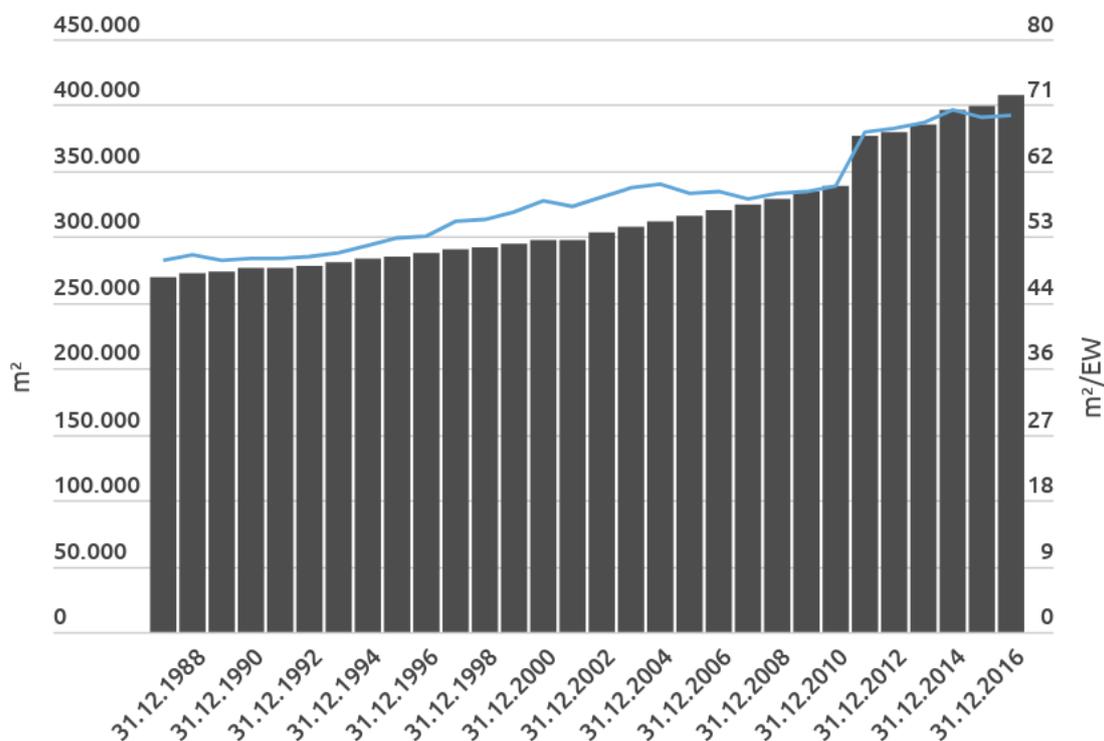


Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Rottach-Egern (LfStat 2018d).

1.1.4 Natur und Landschaftsschutz

Der Ausbau erneuerbarer Energien benötigt i.d.R. Flächen und ist oftmals mit Eingriffen in das Landschaftsbild und in die Kulturlandschaft verbunden. Bei der Erarbeitung des vorliegenden Energienutzungsplanes wurde deshalb besonders Wert darauf gelegt, dass bei der Ermittlung von erneuerbaren Energiepotenzialen oder bei der Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen die Nutzungsrestriktionen in den verschiedenen rechtsverbindlichen Schutzgebietskategorien (z.B. Natur- oder Wasserschutzgebiete) berücksichtigt werden.

Wie die Übersicht über die Lage aller Schutzgebiete in Rottach-Egern in Abbildung 1-6 zeigt, existieren auf dem Gemeindegebiet zahlreiche und großflächige wertvolle und damit besonders schützenswerte Flächen. Die flächenmäßig bedeutendsten Schutzgebietskategorien sind das FFH- und Vogelschutzgebiet sowie das Landschaftsschutzgebiet. Das Landschaftsschutzgebiet „Schutz des Tegernsees und Umgebung“ umfasst den gesamten See und besitzt eine Fläche von insgesamt 9.274 ha. Hinzu kommen drei Trinkwasserschutzgebiete, ein Heilquellenschutzgebiet im Uferbereich des Tegernsees, einige Geotope und Biotopflächen.

Details zu den jeweiligen Flächenrestriktionen für Energieerzeugungsanlagen und Energieinfrastruktur in den rechtsverbindlichen Schutzgebietskategorien sind in den einzelnen Kapiteln zu den regenerativen Energieerzeugungspotenzialen beschrieben.

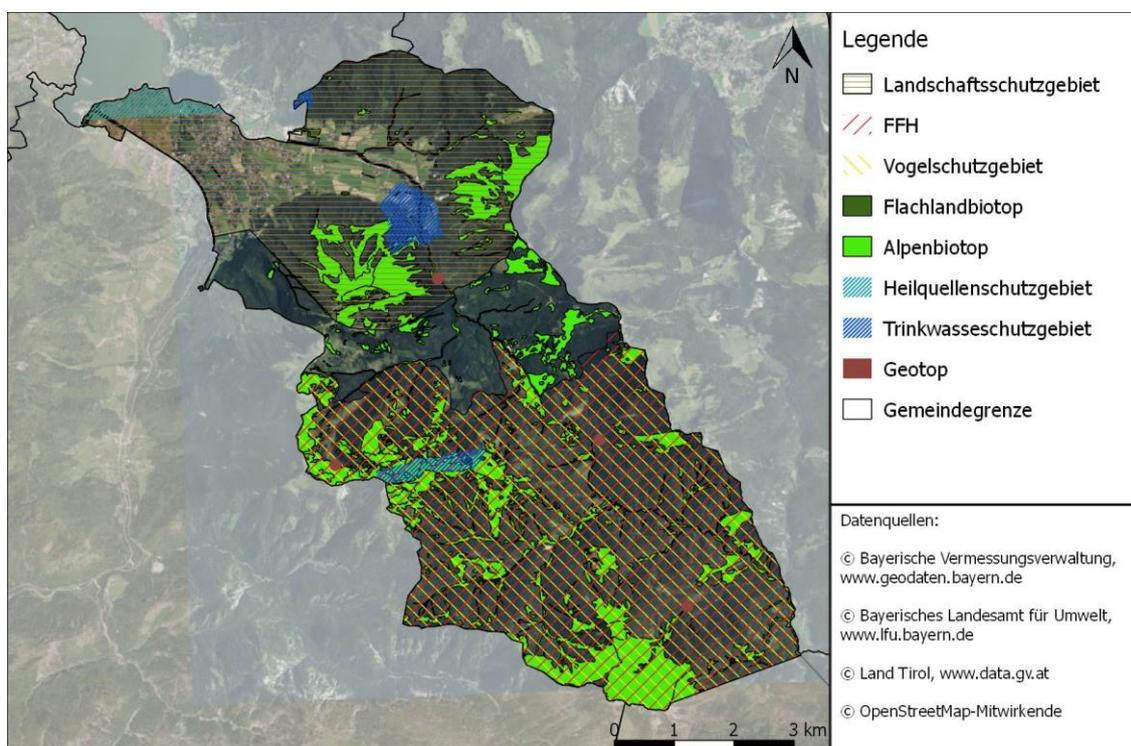


Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Rottach-Egern.

1.1.5 Klima

Die klimatischen Rahmenbedingungen haben entscheidenden Einfluss auf den Heizenergiebedarf jeder Kommune sowie auf die meisten Potenziale für erneuerbare Energien, wie z.B. Sonne, Wind und Bioenergie. Im Folgenden werden deshalb die für den vorliegenden Energienutzungsplan wichtigsten Klimadaten und projizierten Klimaveränderungen dargestellt. Dafür wurden zunächst die Daten der am nächsten gelegenen Klimastation in Bad Tölz ausgewertet. Dort liegt das langjährige Mittel der Lufttemperatur bei 7,5 °C. Im Vergleich zum deutschen Mittel (9,3 °C) muss daher in Rottach-Egern entsprechend der Lage am Alpenrand mit einem etwas höheren Heizenergiebedarf gerechnet werden. Im Vergleich zur Messdatenreihe der Jahre 1961 bis 1990 kann ein Trend in Richtung höherer Jahresmitteltemperatur festgestellt werden. In den vergangenen Jahren lag die Jahresmitteltemperatur bereits über 8,0 °C (Bad Tölz 2017). Die Sonnenscheindauer in Rottach-Egern beträgt im Mittel rund 1.570 h/a, bei einer Globalstrahlung von bis zu 1.140 kWh/m² im Jahresmittel (DWD 2018).

Den Trend zu höheren Temperaturen belegen auch die langjährigen Messungen an der nächstgelegenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Hohen Peißenberg (Abbildung 1-7). Bereits heute beträgt hier die gemessene Temperaturzunahme

(1951-1980 vs. 1981-2010) + 0,9 °C. Die klimawandelbedingte Temperaturerhöhung lässt sich somit bereits heute auch im Oberland messtechnisch nachweisen.

Bedingt durch häufige Nordstaulagen sind in Rottach-Egern die Jahresniederschlagsmengen mit einem langjährigen Mittel von 1.550 mm pro Jahr insgesamt überdurchschnittlich hoch. Aus regionalen Messdaten können derzeit noch keine signifikanten Veränderungen bei den Niederschlagsmengen festgestellt werden. Die neuesten Klimaforschungsergebnisse aus der Region gehen für die nächsten Jahrzehnte allerdings von einem Anstieg der Niederschläge um 100 bis 150 mm/a aus (LMU München 2011). Im Allgemeinen ist in Folge des Klimawandels in Zukunft mit länger anhaltenden Wetterlagen, welche sich in Dürre oder Überschwemmungen auswirken können und einer Zunahme von Extremereignissen beispielsweise in Form von Starkniederschlägen zu rechnen.

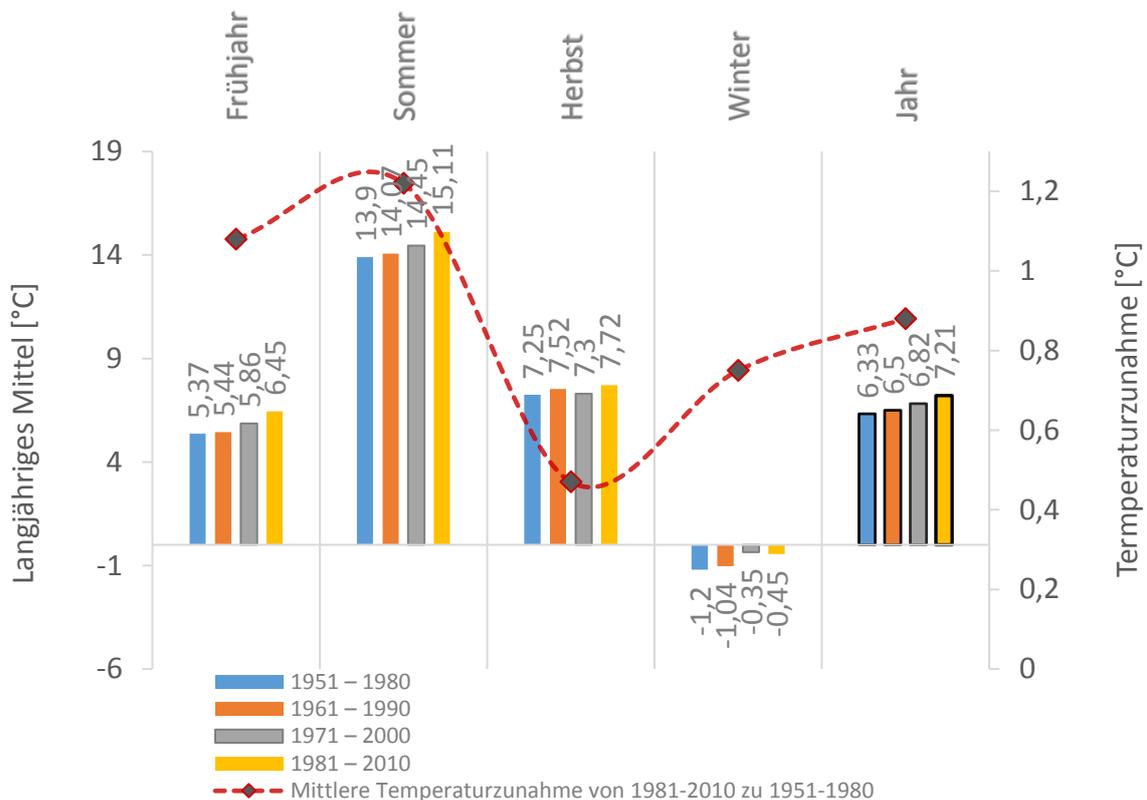
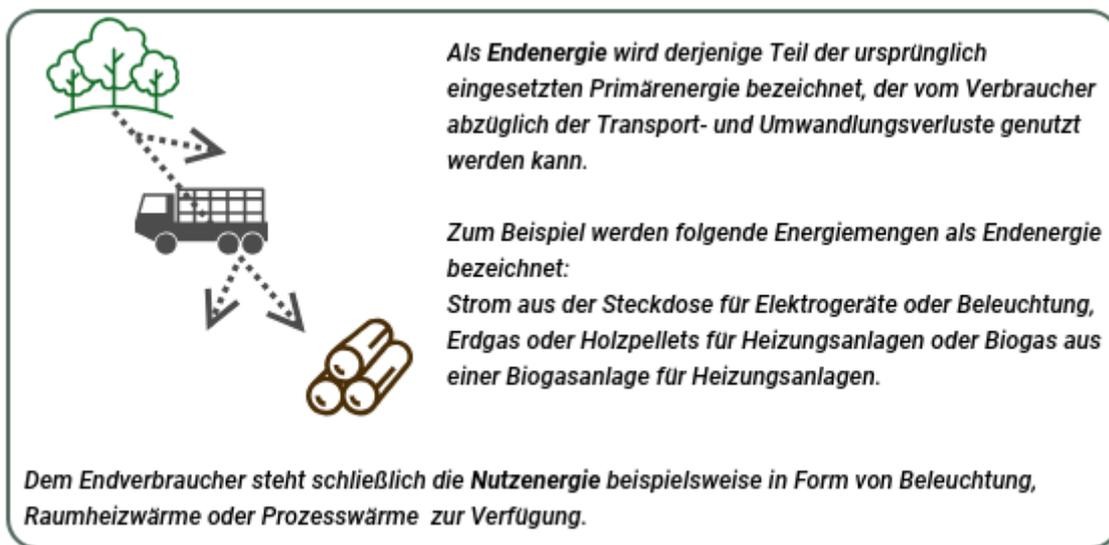


Abbildung 1-7: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologische. Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018).

2 Bestandsanalyse

Das Ziel des Energienutzungsplanes Rottach-Egern ist die Entwicklung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Gesamtkonzepts für die Entwicklung einer Energiestrategie auf kommunaler Ebene. Ist bekannt inwiefern Energiebedarf und -erzeugung sowie die Energiepotenziale räumlich und zeitlich zusammenhängen, kann im nächsten Schritt ein ganzheitliches Konzept gestaltet werden, welches die Rahmenbedingungen, Handlungsmöglichkeiten und Erfordernisse der Gemeinde individuell berücksichtigt. Bei der Erstellung der Bestandsanalyse wurden insbesondere die Vorgaben aus dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ berücksichtigt (StMUG u. a. 2011).



Die Analyse der Energieverbräuche nach Nutzungsart – Strom, Wärme und Treibstoffe - bildet eine wichtige Grundlage für die Priorisierung von Maßnahmen, welche anschließend in die Konzeptentwicklung einfließen. Die folgende Bestandsanalyse bezieht sich dabei stets auf Endenergieverbräuche bzw. die Bereitstellung von Endenergie.

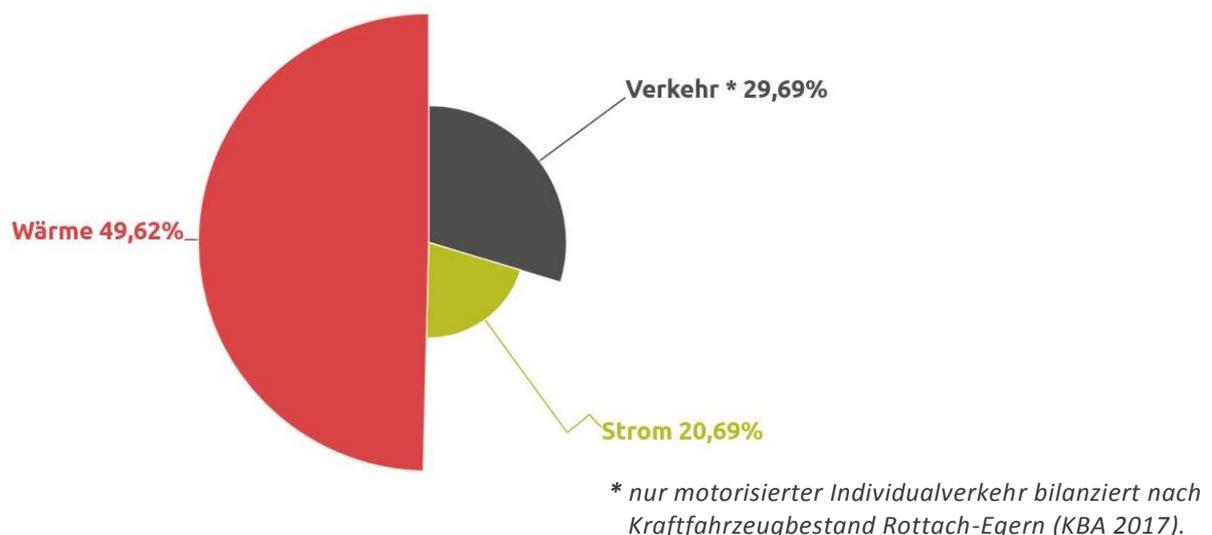


Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme.

Aus Abbildung 2-1 wird deutlich, dass in Summe in Rottach-Egern knapp die Hälfte der Endenergie zur Bereitstellung von Wärme benötigt wird. 21 % entfallen auf den Verbrauch elektrischer Energie. Der zweitgrößte Anteil ist mit 30 % am Gesamtendenergiebedarf durch den Verbrauch von Treibstoffen (Benzin und Diesel) dem Sektor Verkehr zuzuordnen.

Die Aufteilung der Endenergieverbräuche nach Verbrauchssektoren in Abbildung 2-2 zeigt deutlich, dass die privaten Haushalte mit über 47 % die größte Verbrauchergruppe von Strom und Wärme darstellt. Die Gewerbebetriebe verbrauchen rund 21 % der Endenergie. 2 % des gesamten Strom- und Wärmebedarfs entfallen auf die kommunalen Liegenschaften. Der gesamte Endenergieverbrauch in Rottach-Egern betrug im Jahr 2016 rund 178.100 MWh.

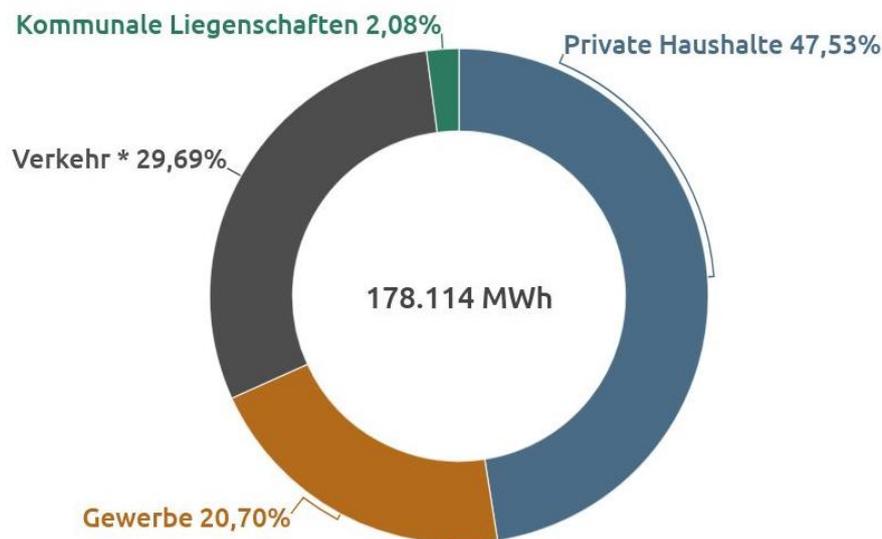


Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2016 in Rottach-Egern.

Bei einem gleichbleibenden Anstieg des motorisierten Individualverkehrs ist davon auszugehen, dass sich in Rottach-Egern der verkehrsbedingte Anteil am Endenergieverbrauch entsprechend erhöhen wird. Mit Stand vom 01.01.2017 waren in der Gemeinde Rottach-Egern insgesamt 4.150 PKWs und LKWs gemeldet, die insgesamt 52.882 MWh Energie verbrauchten. Neben der Verkehrsvermeidung ist E-Mobilität derzeit eine vielversprechende Option den verkehrsbedingten Ausstoß von Treibhausgasen, Stickoxiden und Feinstaub zu reduzieren - vorausgesetzt, der Strom für die E-Fahrzeuge wird aus erneuerbaren Energien erzeugt. Weitergehende Analysen und Konzeptentwicklungen im Bereich Verkehr können durch die Erstellung von Mobilitätskonzepten erfolgen. Abgesehen von E-Mobilität in direkter Verbindung mit erneuerbaren Energien ist Mobilität nicht Teil dieses Energienutzungsplanes.

2.1 Strom

Stromverbrauch

Die aktuellsten Zahlen zum Netzabsatz in Rottach-Egern liegen für das Jahr 2018 vor. Danach beläuft sich der Gesamtnetzabsatz insgesamt auf 30.326 MWh (E-Werk Tegernsee 2018). Rechnet man den Eigenverbrauch des vor-Ort erzeugten Stroms, beispielsweise durch BHKWs hinzu, so ergibt sich ein Stromverbrauch von insgesamt 35.925 MWh. Pro Einwohner (EW) entspricht dies einem Verbrauch von 6.195 kWh pro Jahr. Der pro-Kopf Verbrauch liegt damit leicht unter dem bayerischen Durchschnitt (vgl. Kapitel 2.6). Das mag daran liegen, dass in Rottach-Egern zwar einige energieintensive Tourismusbetriebe angesiedelt sind, Industrie- und Gewerbebetriebe welche ganzjährig einen hohen Energieverbrauch haben jedoch fehlen. Gelingt der von der Bundesregierung im Bereich der Mobilität angestrebte Umstieg vom Verbrennungs- zum E-Motor, muss perspektivisch mit einem steigenden Stromverbrauch gerechnet werden. Aus Abbildung 2-3 ist zu erkennen, dass die privaten Haushalte mit über der Hälfte den Hauptanteil des Netzabsatzes ausmachen. Rund 39 % werden durch das Gewerbe verbraucht. In diese eingeschlossen sind ebenfalls die land- und forstwirtschaftlichen Betriebe. Ebenso wird deutlich, dass mit 2,6 % des Netzbezugs auf die kommunalen Liegenschaften entfällt. Zudem trägt die Straßenbeleuchtung mit 0,7 % zum Stromverbrauch in Rottach-Egern bei.

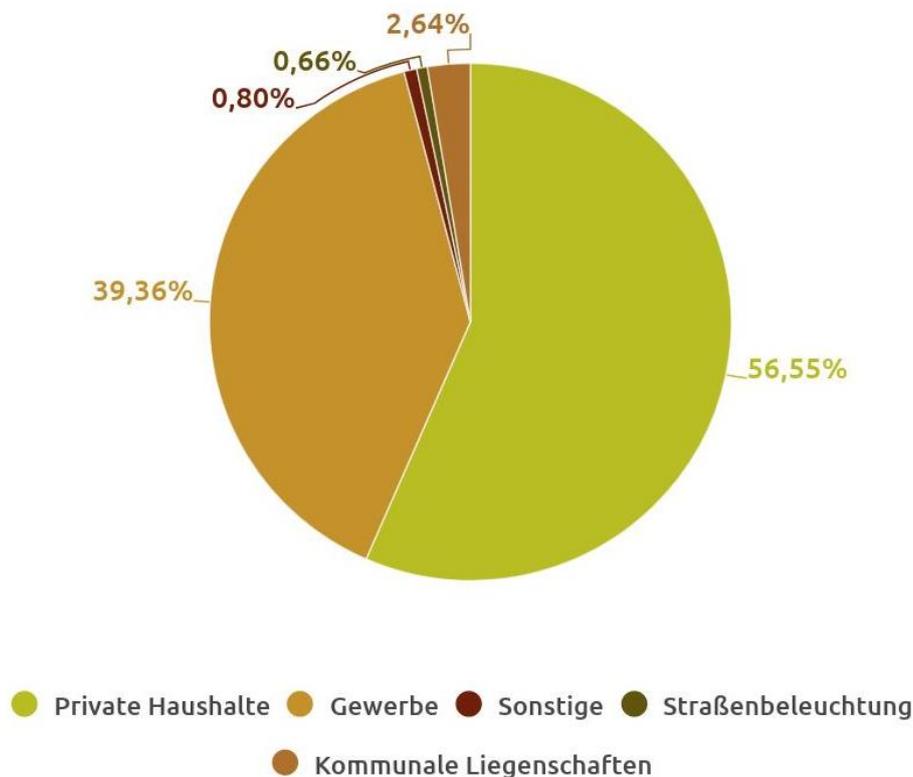


Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Rottach-Egern nach Sektoren im Jahr 2018 (E-Werk Tegernsee 2018)

Stromerzeugung

Im Jahr 2018 wurden in der Gemeinde Rottach-Egern 8.434 MWh Strom erzeugt. Als einzige regenerative Energiequelle ist in Rottach-Egern die Photovoltaik vertreten. PV-Strom macht 5 % des vor Ort produzierten Stroms aus, was im Durchschnitt einem Deckungsgrad von 1,2 % des gesamten Stromverbrauchs entspricht (E-Werk Tegernsee 2018). Aufgrund von tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen bei der erneuerbaren Energieproduktion kann der Deckungsgrad allerdings stark variieren.

Die restlichen 95 % des vor Ort erzeugten Stroms wurden mittels BHKWs produziert, welche zwar sehr effizient aber meist mit der nicht-erneuerbaren Energiequelle Erdgas betrieben werden. Insgesamt konnten 22 % der Gesamtstromverbrauchs durch Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt werden. Eine Gegenüberstellung von Stromproduktion und -verbrauch inklusive der Zusammensetzung der Stromerzeugung nach Energieträgern ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

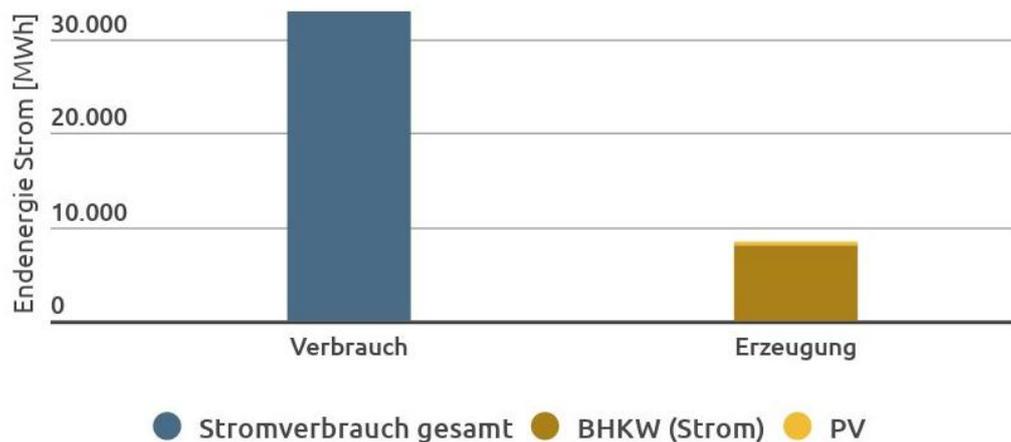


Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Stromverbrauch (links) und -erzeugung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) (E-Werk Tegernsee 2018).

Zur räumlichen Verordung aller regenerativen Stromerzeugungsanlagen wurden zusätzlich die nach dem EEG-Anlagenregister veröffentlichten Zahlen der Bundesnetzagentur über die Einspeisung von regenerativen Stromquellen herangezogen (Abbildung 2-5). In diesem Register wurden bis 2015 alle Anlagen mit EEG-Vergütung adressgenau erfasst.

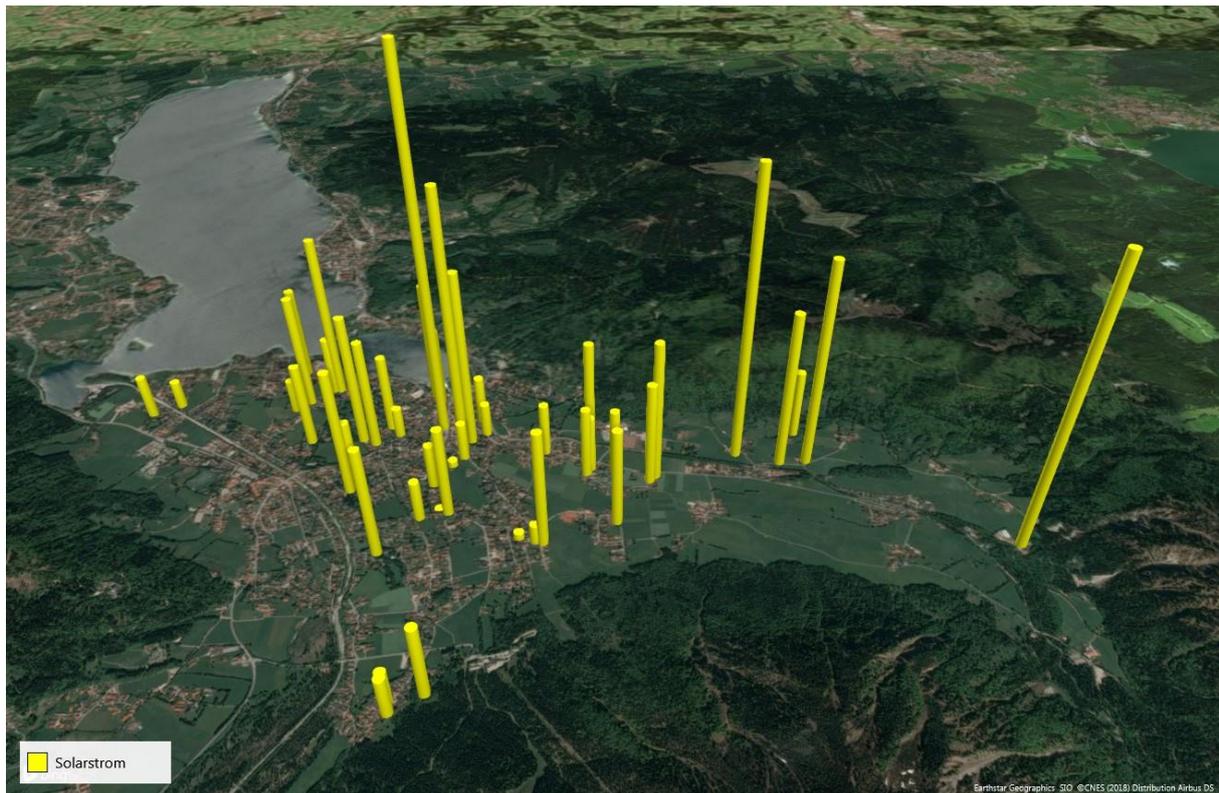


Abbildung 2-5: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen (Strom) in Rottach-Egern. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung

Kartenbasis: © OpenstreetMap.

2.2 Wärme

Wärmebedarf

Zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs in Rottach-Egern werden pro Jahr 88.387 MWh Endenergie benötigt. Damit ist dieser rund 2,5-mal so hoch wie der Endenergiebedarf in Form von Strom.

Den benötigten Wärmebedarf zu reduzieren und den verbleibenden Anteil durch erneuerbare Energien zu decken ist folglich entscheidend, um sich weiter in Richtung Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu entwickeln.

Abbildung 2-6 visualisiert die räumliche Wärmebedarfsdichte in Rottach-Egern. Dabei wird deutlich, dass der Wärmebedarf über das Siedlungsgebiet unterschiedlich verteilt ist. Vor allem die Ortsmitte stellt einen Hotspot dar, wo eine große Menge an Wärme auf engem Raum benötigt wird.

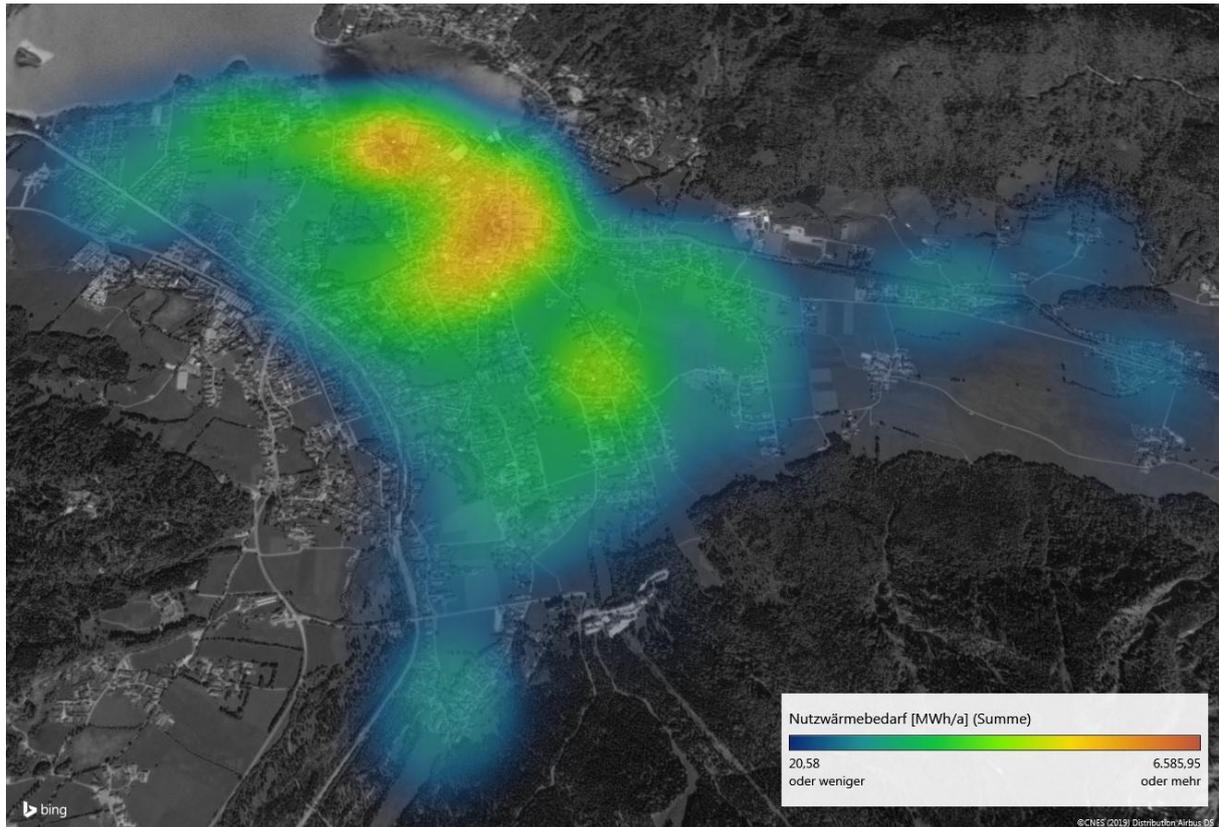


Abbildung 2-6: "Heatmap": Darstellung der Wärmebedarfsdichten in Rottach-Egern.

Wärmeerzeugung

Im Jahr 2016 konnten 6,7 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Den größten Anteil mit rund 3.700 MWh (entspricht 4,3 % des Wärmebedarfs) trug dabei die oberflächennahe Geothermie mittels Wärmepumpen bei, gefolgt von Energieholz mit insgesamt knapp 2 %, wovon Holzpellets mit 1.100 MWh den größten Anteil beitragen. Die Solarthermie macht mit 0,5 % nur einen geringen Teil der regenerativen Energieerzeugung aus (Abbildung 2-7).

Berücksichtigt man zudem die Wärmeerzeugung durch BHKWs, so ergibt sich eine regionale Erzeugung von 25 %. Durch Kraft-Wärme-Kopplung werden in Rottach-Egern rund 16.000 MWh Wärme (18,1 %) erzeugt. BHKWs erzeugen sehr effizient Energie, allerdings wird in der Regel der nicht erneuerbare Energieträger Erdgas eingesetzt. Der verbleibende Anteil des Wärmebedarfs wird zu einem großen Teil durch das Erdgasnetz (44,7 %) versorgt, welches in Rottach-Egern sehr gut ausgebaut ist. Betreiber sind die Tegernseer Erdgasversorgungsgesellschaft mbH & Co. KG. Die kartographische Darstellung des vorhandenen Leitungsnetzes ist in Anhang 1 zu finden. Die restlichen 30,5 % des Wärmebedarfs werden durch Heizöl gedeckt.

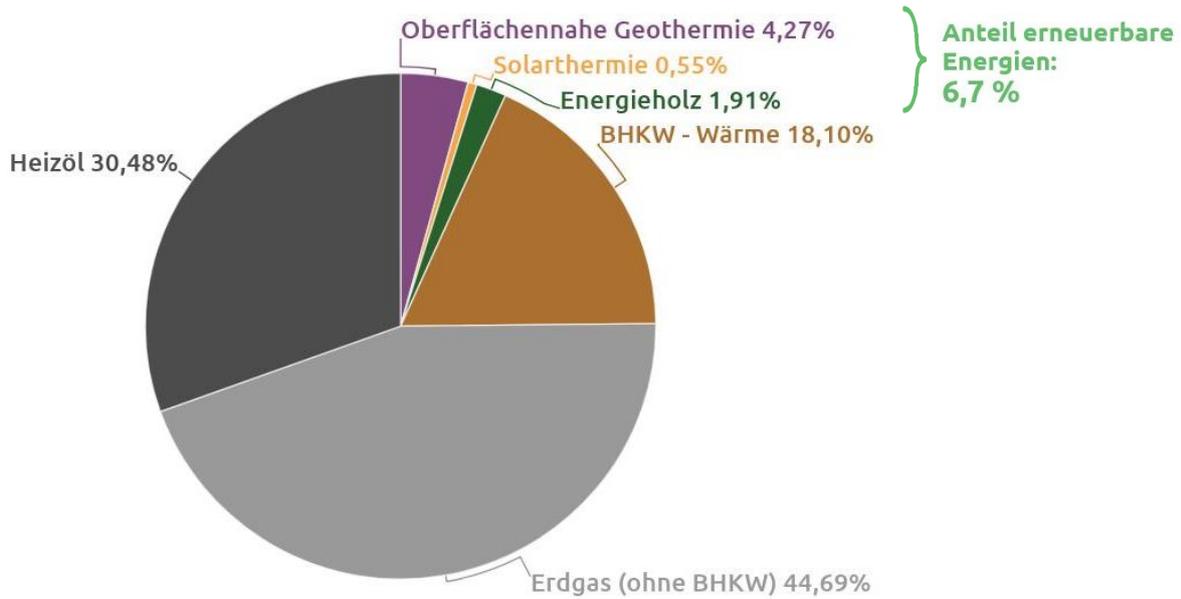


Abbildung 2-7: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Rottach-Egern (2016).

Ist mein
Erdgasverbrauch
zu hoch?

Mit wenigen Schritten kann jeder Hauseigentümer seinen Verbrauchswert über die eingesetzte Energie überschlägig selbst ermitteln:

- 1) Verbrauch von m³ Erdgas x 10 = Energieverbrauch in kWh / a.
- 2) Pro Person werden 1000 kWh für Warmwasserheizung abgezogen
- 3) Die verbleibenden kWh werden durch die Quadratmeter Wohnfläche geteilt.

Beispielrechnung: 4 – Personen – Haushalt, 160 m² Wohnfläche, 4000 m³ Erdgas:

- 1) 4.000 m³ Erdgas x 10 = 40.000 kWh/Jahr
- 2) 40.000 kWh/a – 4.000 kWh/a = 36.000 kWh/a
- 3) 36.000 kWh/a : 160 m² = 225 kWh/m² a

*So ergibt sich ungefähr ein Energieverbrauchswert für das jeweilige Gebäude. Nicht berücksichtigt wird dabei der Anteil, der ggf. durch Holz erzeugt wird. Genauer kann hier selbstverständlich ein Energieberater Auskunft geben. Sollte sich ein Verbrauchswert über 150 kWh/m²*a ergeben, so besteht deutlicher Handlungsbedarf.*

A+	A	B	C	D	E	F	G	H		
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	>250
Effizienzhaus 40 MFH Neubau EFH Neubau			EFH energetisch gut modernisiert			Durchschnitt Wohngebäudebestand MFH energetisch nicht wesentlich modernisiert			EFH energetisch nicht wesentlich modernisiert	

2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster

Kenntnisse über den Gebäudebestand und ein gebäudescharfes Wärmekataster sind eine wesentliche Grundlage des vorliegenden Energienutzungsplans. Die Energiebilanzen, die Ermittlung der Potenziale, sowohl zur Erzeugung erneuerbarer Energien als auch zur Energieeinsparung durch energetische Gebäudesanierung, basieren darauf. Zudem dient das Wärmekataster als Basis für die Entwicklung möglicher Umsetzungsprojekte, wie beispielsweise Nah- oder Fernwärmenetze.

Im Hauptsiedlungsgebiet von Rottach-Egern gibt es rund 1.750 Wohngebäude und 780 Nichtwohngebäude. Für diesen Bereich wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt. Abbildung 2-8 zeigt davon einen exemplarischen Ausschnitt. Mit Hilfe des 3D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) (Abbildung 3-4), Informationen zur Gebäudenutzung und der Baualtersstruktur wurde entsprechend dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2011) für jedes Bestandsgebäude der spezifische Jahreswärmebedarf ermittelt (Nutzenergie). Dieser setzt sich zusammen aus dem jeweiligen Heiz- und Warmwasserbedarf.

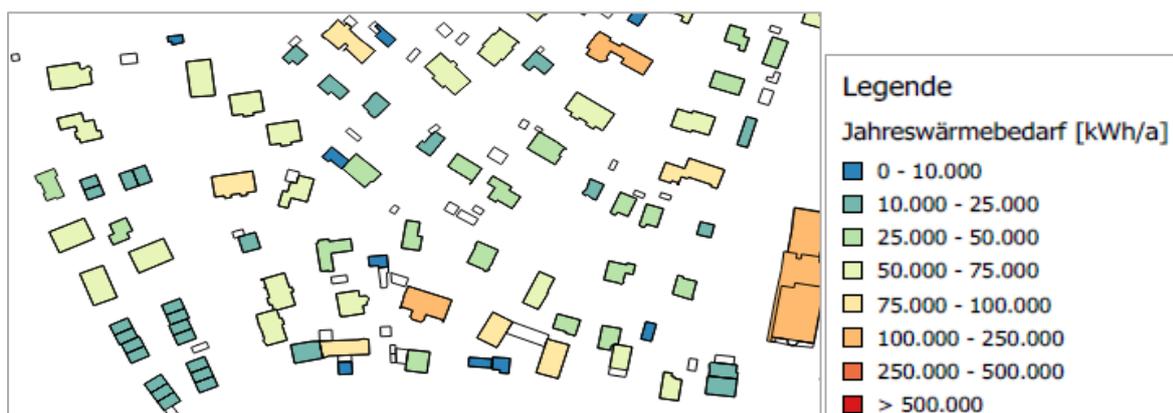


Abbildung 2-8: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Rottach-Egern [kWh/a].

Ausgehend vom gebäudescharfen Wärmeverbrauch wurde anschließend unter Einbezug des Flächennutzungsplans und der Flurkarte eine Wärmedichtekarte erstellt, welche den Jahreswärmebedarf mehrerer Gebäude zusammenfasst (Abbildung 2-9). Durch die Darstellung des Wärmebedarfs in Megawattstunden pro Hektar und Jahr wird deutlich, in welchen Gebieten ein hoher Wärmebedarf besteht und daher eine Überprüfung der Möglichkeiten von Wärmenetzen sinnvoll sein kann.

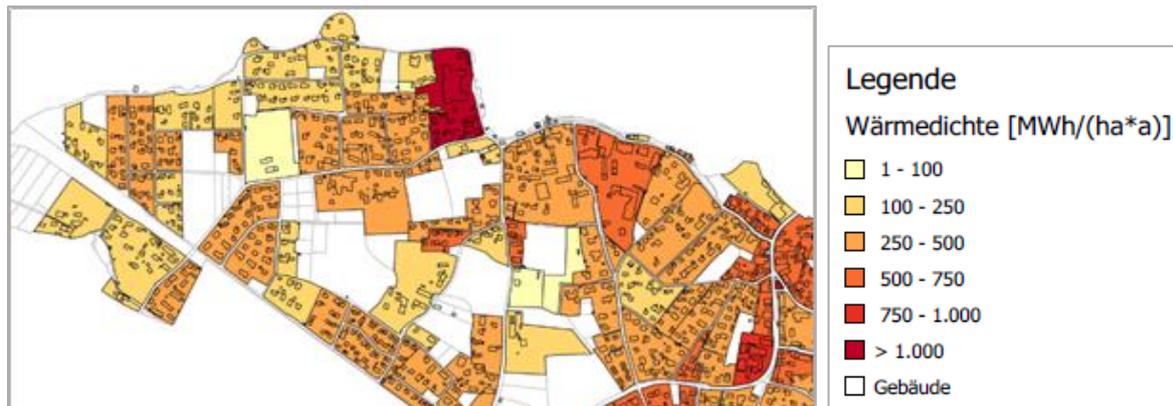


Abbildung 2-9: Exemplarischer Ausschnitt aus der Wärmedichtekarte von Rottach-Egern [MWh/(ha*a)].

2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking

Großes Handlungspotenzial hat die Gemeinde bei ihren eigenen Liegenschaften, weshalb ein genauer Kenntnisstand sowohl der verbraucherseitigen als auch der erzeugerseitigen Struktur besonders wichtig ist. Dies ist wiederum auch die Grundlage zur Ermittlung konkreter Maßnahmenvorschläge für die kommunalen Liegenschaften der Gemeinde.

Energie-Benchmarking ist dabei ein wirkungsvolles Instrument, um Schwachstellen und Optimierungspotenziale bei Energieversorgung und –verbrauch von Gebäuden zu identifizieren. In der Betriebswirtschaft ist das Benchmarking als Instrument der Wettbewerbsanalyse bekannt. Mehrere Unternehmen werden im Hinblick auf bestimmte Aspekte miteinander verglichen. Beim Energie-Benchmarking werden die Energieverbräuche von Gebäuden mit gleicher Nutzungsart miteinander verglichen, z.B. Schulen, Turnhallen, Rathäuser, Kindertagesstätten, um ggf. Abweichungen festzustellen. Da der Energieverbrauch neben der Nutzungsart maßgeblich von der Gebäudegröße abhängig ist, wird ein Kennwert gebildet, indem der Energieverbrauch getrennt nach Energieträger jeweils auf den Quadratmeter Nettogeschoßfläche bezogen wird. Danach wird dieser spezifische Kennwert dem Vergleichswert der Deutschen Energieagentur dena nach EnEV 2009 bzw. 2014 gegenübergestellt. Der dena-Vergleichswert berücksichtigt ebenfalls unterschiedliche Nutzungsarten der Liegenschaften.

Auf Basis dieser Auswertung für die Gemeindeliegenschaften wurden im Anschluss Begehungen durchgeführt, um die Schwachstellen vor Ort zu analysieren und darauf aufbauend Optimierungsmaßnahmen zu entwickeln. Diese sind bei den Maßnahmenvorschlägen zu den Liegenschaften der Gemeinde im Detail beschrieben (siehe Kapitel 5).

2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch

Die Benchmarking-Auswertung des Stromverbrauchs der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften sind in Abbildung 2-10 dargestellt. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass es sich bei den dena-Verbrauchskennwerten lediglich um Durchschnittswerte bestehender Gebäude handelt. Die Kita zeigt einen relativ niedrigen spezifischen Stromverbrauch, allerdings ist hier der Eigenstromverbrauch des durch die Photovoltaik-Anlage erzeugten Stroms nicht berücksichtigt. Das Rathaus liegt mit einem vergleichsweise niedrigen spezifischen Stromverbrauch ebenfalls unter 10 kWh/m², auch der Stromverbrauch im Falianhaus ist niedriger als der Verbrauchskennwert. Bei der Feuerwehr zeigt sich ein leicht überdurchschnittlich hoher Stromverbrauch. Ein Zielwert von 10 kWh/m²*a ist für alle diese Gebäudearten erreichbar und für die kommunalen Liegenschaften der Gemeinde anzustreben. Das Kutschenmuseum mit Café Gäuwagerl überschreitet den Vergleichswert deutlich. Der hohe Stromverbrauch kommt hier unter anderem dadurch zustande, dass bis vor kurzem im Café selbst gebacken wurde.

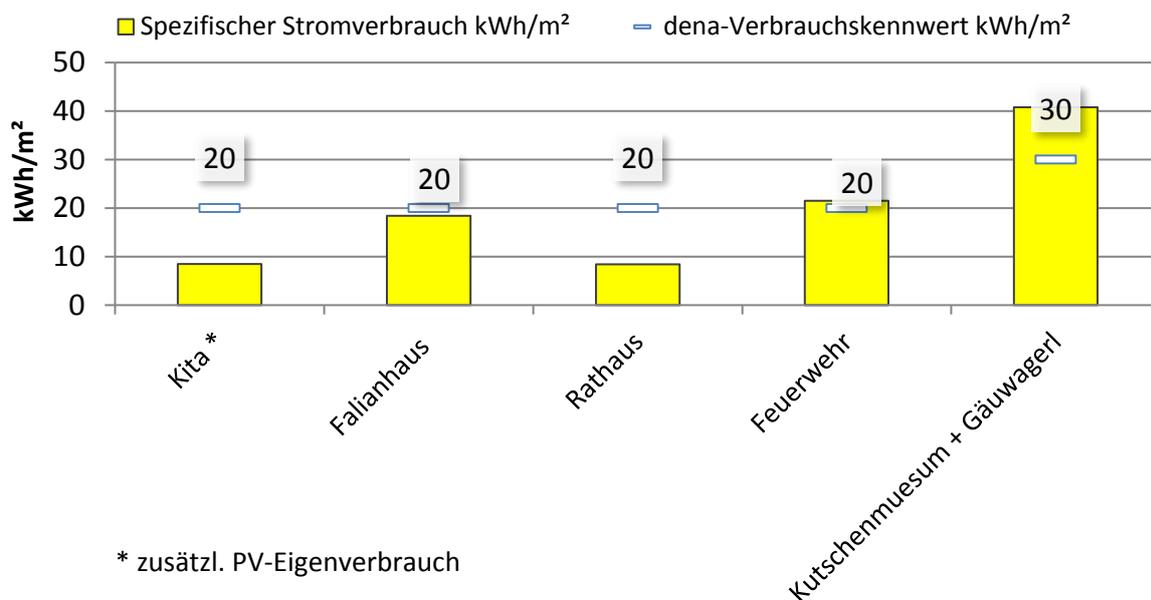


Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2017 im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert.

2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch

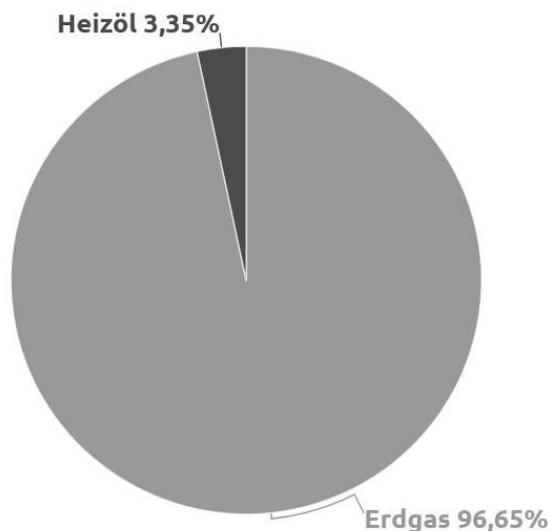


Abbildung 2-11: Anteil der Energieträger am gesamten Heizwärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften 2017/2018

Zunächst einmal wurde die Zusammensetzung des Energieträger-Mixes zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser analysiert. Hier ist das Ziel einen möglichst hohen Anteil durch regenerative Energien abzudecken. Weiter wurde aus den spezifischen Verbrauchswerten das Handlungspotenzial zur Minimierung von erhöhten Energieverbräuchen abgeleitet.

Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung der kommunalen Liegenschaften wurde in den Jahren 2017 und 2018 vollständig durch fossile Energieträger gedeckt. Wie aus Abbildung 2-11 hervorgeht, macht Erdgas mit knapp 97 % den Hauptanteil aus, die restlichen 3 % werden durch Heizöl gedeckt.

Dieses wird in drei Wohngebäuden zur Bereitstellung des Wärmebedarfs genutzt. Alle restlichen Wohn- und Nicht-Wohngebäude werden durch Erdgas beheizt.

Bei der Betrachtung des spezifischen, auf die Nettogeschoßfläche des einzelnen Gebäudes bezogenen Energieverbrauchs, erfolgte zuvor eine Witterungsbereinigung, um jährliche Witterungsschwankungen auszugleichen. Überdurchschnittlich warme oder kalte Heizperioden werden dabei über einen Faktor an das langjährige Durchschnittsklima des Standorts angepasst. So sind die Jahresverbräuche besser zu vergleichen und Abweichungen durch Witterungsbedingungen weitgehend ausgeschlossen. Die Auswertung in Abbildung 2-12 zeigt die Abweichungen der kommunalen Nicht-Wohngebäude von den dena-Verbrauchskennwerten. Mit Ausnahme der Kita wird in allen Gebäuden Erdgas zur Deckung des Wärmebedarfs eingesetzt. Kita, Feuerwehr, Kutschmuseum sowie das neue Gebäude des Bauhofs weisen einen durchschnittlichen oder unterdurchschnittlichen Wärmeverbrauch auf. Dagegen auffällig sind das Rathaus, die Grund- und Mittelschule, das Falianhaus, die alte Halle des Bauhofs sowie die Schule im Schinnerhaus mit deutlich überdurchschnittlich hohen spezifischen Verbrauchswerten. Beim Rathaus beträgt der spezifische Heizenergieverbrauch beispielsweise knapp das Doppelte wie der Vergleichswert, bei Grund- und Mittelschule das Vierfache. Die Optimierungsmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauches werden im Kapitel Maßnahmenvorschläge für die kommunalen Liegenschaften näher betrachtet.

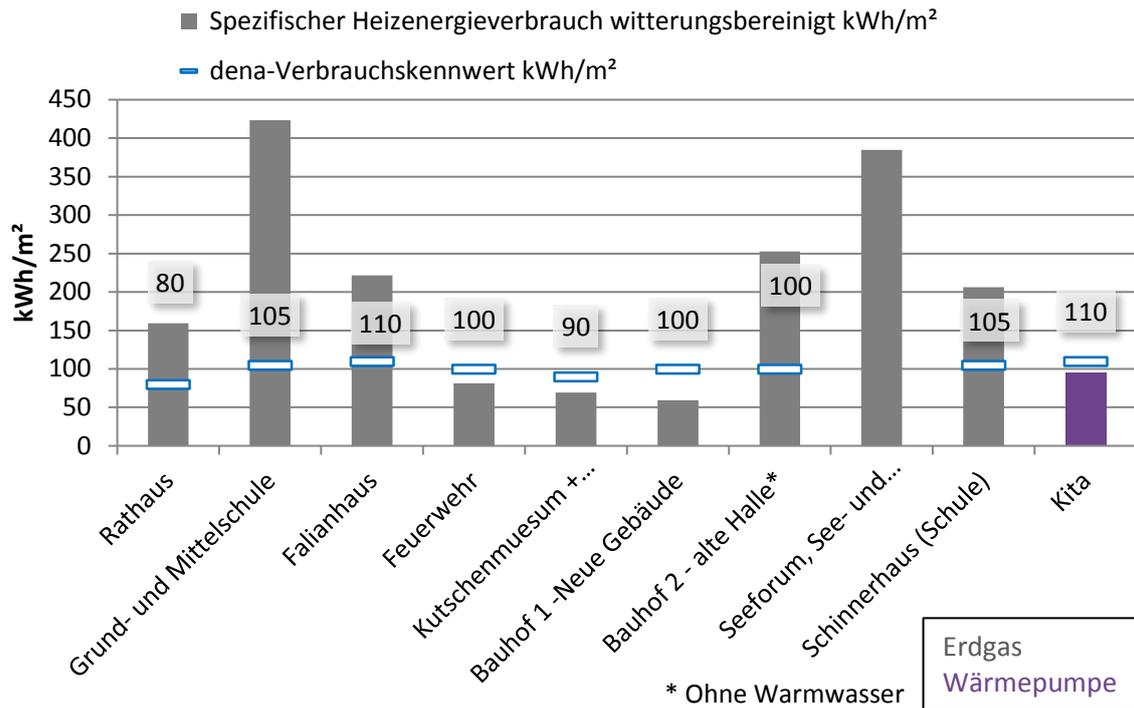


Abbildung 2-12: Spezifischer Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2017/18 im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert.

2.5 Primärenergiebedarf

Als Primärenergien werden alle Energiearten bezeichnet, die von der Natur bereitgestellt und durch verschiedene Technologien nutzbar gemacht werden. Somit enthält sie neben dem Endenergiebedarf auch alle Vorketten wie beispielsweise Gewinnung, Lagerung und Transport der Energieträger. Als Primärenergieträger gelten sowohl Stoffe (z.B. Kohle, Mineralöl, Energieholz) als auch Prozesse (z.B. Sonnenstrahlung, Windkraft, Wasserkraft). Durch die Darstellung des Primärenergieverbrauchs wird deutlich, wie viel Energie nötig ist, um den gesamten Energiebedarf zu decken und in Form von Endenergie nutzbar zu machen. Damit gibt sie die Energieeffizienz wieder, welche nicht nur abhängig ist von der Effizienz im Verbrauch und der Effizienz in der Energieerzeugung, sondern auch vom Einsatz erneuerbarer Energien.

Der benötigte Primärenergiebedarf wird ermittelt aus dem Produkt der erforderlichen Endenergie und dem zum jeweiligen Energieträger zugehörigen nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiefaktors. Die Berechnung erfolgt auf Basis des Heizwertes H_i^{16} der verwendeten Energieträger. Datengrundlage ist die DIN V 18599-1 (BDEW 2015). Eine Aufstellung des Primärenergiebedarfs für das Jahr 2016 in Rottach-Egern nach Energieträgern und den zugehörigen Primärenergiefaktoren findet sich in

Tabelle 2-1. Die jeweiligen Anteile der Energieträger an der Primärenergie für die Jahre 2014 und 2016 ist ebenso in Tabelle 2-1 sowie Abbildung 2-12 dargestellt. Daraus geht klar hervor, dass Strom (Netzbezug), Erdgas und Heizöl mit Abstand die größten Anteile ausmachen.

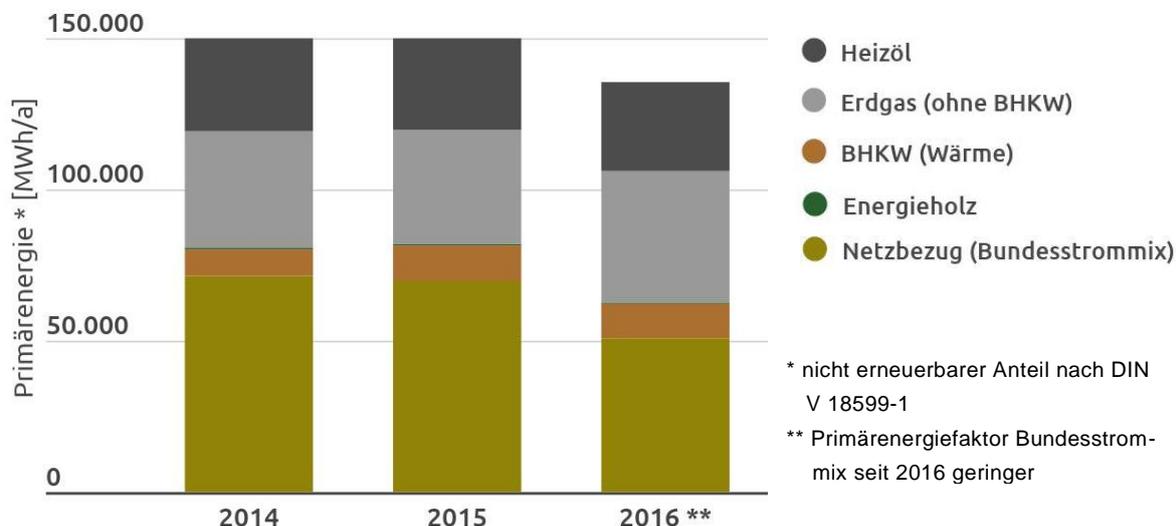


Abbildung 2-12: Primärenergiebilanz der Gemeinde Rottach-Egern für die Jahre 2014 - 2016.

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Rottach-Egern im Jahr 2016 nach Energieträgern und zugehörige Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1:2011-12.

Energieträger		Primärenergie [MWh] 2016	Primärenergiefaktor
STROM	Photovoltaik	0	0,0
	BHKW (Strom)	0	0,0
	Netzbezug (Bundesstrommix)	51.050	1,8 ** (bis 2016: 2,4)
WÄRME	Energieholz	337	0,2
	Solarthermie	0	0
	BHKW (Wärme)	11.200	0,7
	Oberfl. Geothermie	0	0
	Erdgas (ohne BHKW)	43.450	1,1
	Heizöl	29.630	1,1

2.6 CO₂- Bilanz

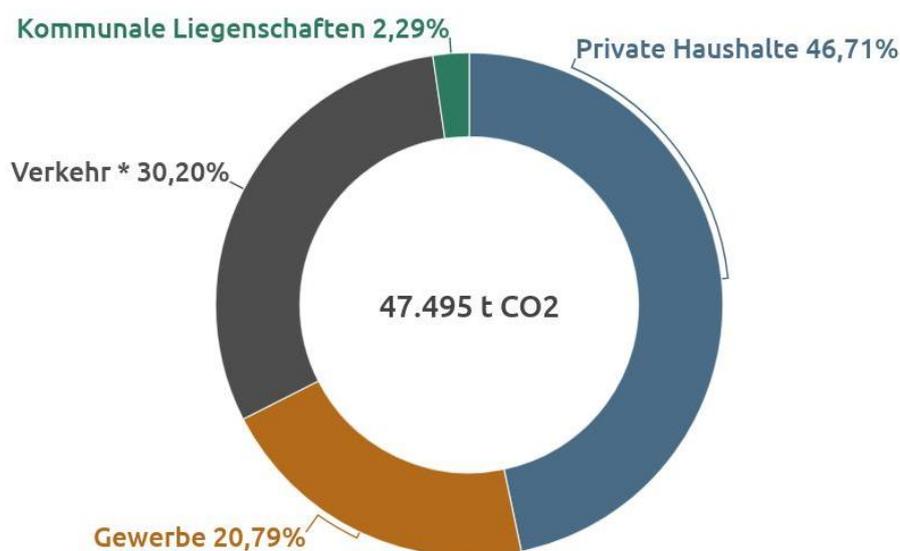
Die vorliegende CO₂-Bilanz wurde auf Basis der erhobenen Strom- und Wärmeverbräuche sowie dem Kraftfahrzeugbestand von Rottach-Egern erstellt. Mit Hilfe der in Tabelle 2-2 aufgelisteten CO₂-Emissionsfaktoren wurden die CO₂-Äquivalente berechnet.

Insgesamt entsteht durch den Energieverbrauch in Rottach-Egern ein CO₂-Ausstoß von 47.495 t CO₂. Allein durch den Strom- und Wärmebedarf ergeben sich **33.135 t CO₂ pro Jahr**, was einem pro-Kopf-Ausstoß von 5,7 t CO₂ pro Jahr bedeutet. Unter Berücksichtigung der zusätzlich durch den Verkehr verursachten Emissionen beträgt der pro-Kopf-Ausstoß 8,1 t CO₂ pro Jahr.

Tabelle 2-2: CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (E-Werk Tegernsee 2017; kea 2016; Umweltbundesamt 2018).

Energieträger	Emissionsfaktor [kg/MWh]
Strom (Energieträgermix E-Werk Tegernsee)	373
Erdgas	250
Heizöl	320
BHKW	176
Stückholz	19
Hackschnitzel	24
Holzpellets	27

Bezogen auf die Verbrauchssektoren, tragen die privaten Haushalte insbesondere durch ihren Wärmebedarf mit 47 % den größten Anteil zu den CO₂-Emissionen bei, gefolgt von den Gewerbebetrieben mit 21 %. Die durch die kommunalen Liegenschaften verursachten CO₂-Emissionen tragen mit über 2 % zu den gesamten Treibhausgas-Emissionen in Rottach-Egern bei (Abbildung 2-13).

Abbildung 2-13: CO₂-Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2016 in Rottach-Egern.

2.7 Vergleichende Betrachtung

Um die Größen der Endenergie- und CO₂-Bilanz der Gemeinde Rottach-Egern besser einordnen zu können, werden diese in Tabelle 2-3 mit den Kennwerten des Landkreises Miesbach, der gesamten Region Oberland sowie den bayerischen Durchschnittswerten gegenübergestellt.

Der Stromverbrauch pro Kopf mit 5.251 kWh/a im Jahr 2016 liegt in Rottach-Egern auf einem ähnlichen Niveau wie der Durchschnittswert für das gesamte Oberland (5.504 kWh/a). Der Endenergieverbrauch pro Kopf ist dagegen deutlich höher. Dies kann auf den vergleichsweise hohen Wärmebedarf zurückgeführt werden.

In Rottach-Egern ist eine relativ große Zahl an Beherbergungsbetrieben angesiedelt, welche generell einen hohen Energiebedarf besitzen.

Den hohen Endenergieverbrauch spiegelt der CO₂-Emissionswert pro Kopf (8,1 t/a) wider. Einfluss auf die Treibhausgasemissionen nimmt auch der Anteil an regenerativen Energien an der gesamten Energieerzeugung. Im bayerischen Durchschnitt tragen erneuerbare Energieträger beispielsweise zu 43 % zur Stromerzeugung bei, in Rottach-Egern lediglich zu 1,2 %.

Tabelle 2-3: Einwohnerspezifischer Vergleich der Endenergie- und CO₂-Bilanz 2016 (E-Werk Tegernsee 2018; LfStat 2018d, 2018c).

Kennwert	Rottach-Egern	Landkreis Miesbach	Oberland Region	Bayern
Stromverbrauch pro Kopf [kWh/EW*a]	5.215	4.479	5.504	6.500
Endenergieverbrauch pro Kopf [MWh/EW*a]	30,5	30,7	25,5	29,6
CO ₂ pro Kopf [t/EW*a]	8,1	10,0	8,9	6,1

3 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse zeigt auf, welche Möglichkeiten im Gemeindegebiet existieren, um mittels Energieeinsparung, regenerativer Energieerzeugung sowie der Nutzung vorhandener Abwärme-Quellen das Klimaschutzziel „Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bis 2035“ zu erreichen. Zusammen mit der in Kapitel 2 erfassten Bestandsanalyse bildet die Potenzialanalyse damit eine wichtige Grundlage zur Erarbeitung einer intelligenten Energiestrategie für Rottach-Egern. Da die beste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, werden zu Beginn des Kapitels die Energieeinsparpotenziale für Rottach-Egern aufgezeigt. Im zweiten Teil werden die Potenziale der regenerativen Energieerzeugung im Gemeindegebiet von Rottach-Egern aufgezeigt. Wichtig für die Umsetzbarkeit von Energieprojekten ist der Teil des theoretischen Potenzials, welcher technisch realisierbar ist und unter Berücksichtigung von natur- und wasserschutzrechtlichen Vorgaben wirtschaftlich erschlossen werden kann. Da sich langfristig immer technologische Entwicklungen sowie Änderungen der wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ergeben können, kann der technische Potenzialanteil dagegen auch Jahre nach Erstellung dieses Konzepts noch herangezogen werden.

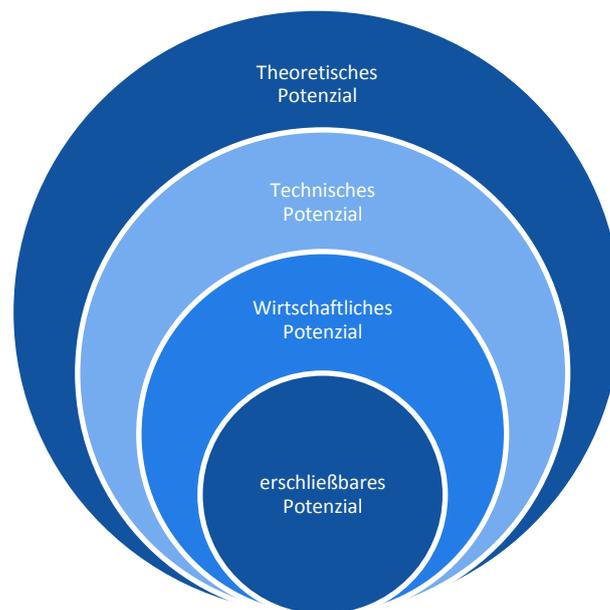


Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2011).

3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035

Die Berücksichtigung des Potenzials zur Einsparung von Energie durch ein verantwortungsvolles Verbrauchsverhalten sollte stets an erster Stelle stehen. Von der technischen Sichtweise her erscheint „Energie sparen“ einfach, vergleicht man Energieeinsparmaßnahmen z.B. mit einem hochtechnisierten Biomasseheizkraftwerk. Die vergangenen Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, dass es eine große Herausforderung ist, bestehende Ver-

haltensmuster nachhaltig zu verändern. Im Gegensatz zur Energieerzeugung ist beim Energieeinsparen die gesamte Bandbreite gesellschaftlicher Akteure gefragt. Unternehmen, Politik, Verwaltungen sowie alle Bürgerinnen und Bürger sind dazu aufgefordert entsprechend Ihrer Möglichkeiten einen sparsamen Energieumgang umzusetzen. Die kommunale Verwaltung sollte hier mit besonders gutem Beispiel vorangehen und Ihre Möglichkeiten zur Energieeinsparung ausschöpfen, um der Vorbildfunktion der öffentlichen Verwaltung gerecht zu werden. Einige kommunale Gebäude wurden deshalb hinsichtlich ihrer Energieeinsparpotenziale im Detail untersucht (siehe Kapitel 5). Die folgenden beiden Kapitel sollen einen Überblick über die Größenordnungen von energetischen Einsparpotenzialen in Rottach-Egern geben.

3.1.1 Einsparpotenziale Strom

Sowohl konkrete Versuche in Haushalten in der Region (z.B. „Fischbachau spart Strom“) als auch theoretische Studien (dena 2015; UBA 2017) haben gezeigt, dass das weitere Einsparpotenzial in Haushalten besteht. Eine vollständige Umsetzung dieses Einsparpotenzials setzt eine Verhaltensänderung hin zum sparsameren Einsatz von Energie sowie eine konsequente Umstellung auf energieeffiziente Gerätetechnik voraus.

Trotz vorhandener Einsparpotenziale und steigender Energieeffizienz ist zukünftig mit großer Wahrscheinlichkeit nicht mit sinkenden Netzabsatz- und Strombedarfsmengen zu rechnen. Betrachtet man die aktuellen Entwicklungen bei der E-Mobilität sowie die Ausbauziele der Bundesregierung, wenn es um die Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs geht, ist zukünftig sogar mit großer Wahrscheinlichkeit mit einer Zunahme des Stromverbrauchs zu rechnen. Folgende Beispielrechnung soll verdeutlichen, welche Bedeutung zukünftig E-Mobilität auf die Netzabsatzmengen in Rottach-Egern haben könnte:



Fahren von den rund 3.960 gemeldeten Autos in Rottach-Egern zukünftig 25 % elektrisch, so ergibt sich bei einer mittleren Fahrleistung von 15.000 km pro Jahr und einem Verbrauch von 0,2 kWh/km ein zusätzlicher Strombedarf von 2.970 MWh pro Jahr.

3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand

Die bisherige Sanierungsquote von bestehenden Gebäuden in Bayern liegt bei etwa 0,8 bis 1,0 % (vbw 2012). Für das bayerische Ziel, den Primärenergieverbrauch bis 2040 um 60 % zu senken, müsste die Sanierungsquote allerdings auf 2 oder 2,5 % gesteigert werden. Bei diesen Quoten wird der Gebäudebestand im Durchschnitt einmal komplett in 50 bzw. 40 Jahren saniert.

Als Referenz für ein saniertes Gebäude kann das Niveau eines KfW-Effizienzhauses 100 (d.h. ca. 70 kWh/m² a) herangezogen werden. Zu berücksichtigen ist, dass es weder wirt-

schaftlich noch bauphysikalisch bei allen Gebäuden möglich ist, eine vollständige Sanierung durchzuführen. Das größte Potenzial liegt insbesondere bei Bestandsgebäuden aus den 60er bis 80er Jahren. Wohngebäude dieser Baualtersklassen sind aus energetischen Gesichtspunkten meist ungünstig. Allerdings sind diese in der Regel bauphysikalisch einfach zu sanieren und erzielen aufgrund der älteren Bausubstanz sehr hohe Einsparungen. Einzelmaßnahmen wie z.B. Fenstertausch oder Dachsanierungen sind zudem Investitionen, die ohnehin zum Erhalt der Wohnqualität erforderlich sind.

Da der Großteil der Gebäude in Rottach-Egern in den 60er und 70er Jahren errichtet wurde, können durch gezielte Sanierungsmaßnahmen gute Einsparergebnisse erzielt werden.

Mit Ausnahme der Gebiete mit einer Bebauung ab 1984 (Baualtersklasse H) wie beispielsweise im Bereich zwischen Lärchenstraße und Südlicher Hauptstraße oder im Bereich zwischen Oberachweg und Georg-Hirth-Straße im Ortsteil Rottach sowie der Neubaugebiete (ab Baujahr 1995) ist in allen Ortsteilen von Rottach-Egern eine stärkere Sanierung anzustreben. Vor allem die Dämmung des Daches sowie der Austausch der Fenster erzielen eine hohe Einsparung sowie eine Steigerung der Wohnqualität. Ein Überblick über die mögliche Reduzierung des Energiebedarfs durch Sanierung ergibt sich aus Tabelle 3-1. Abbildung 3-2 visualisiert die Nutzwärmesumme für die Annahme, dass alle Bestandsgebäude der Baualtersklassen C bis F auf EnEV 2014 – Standard saniert werden (vgl. Abbildung 2-6 für den heutigen Stand).

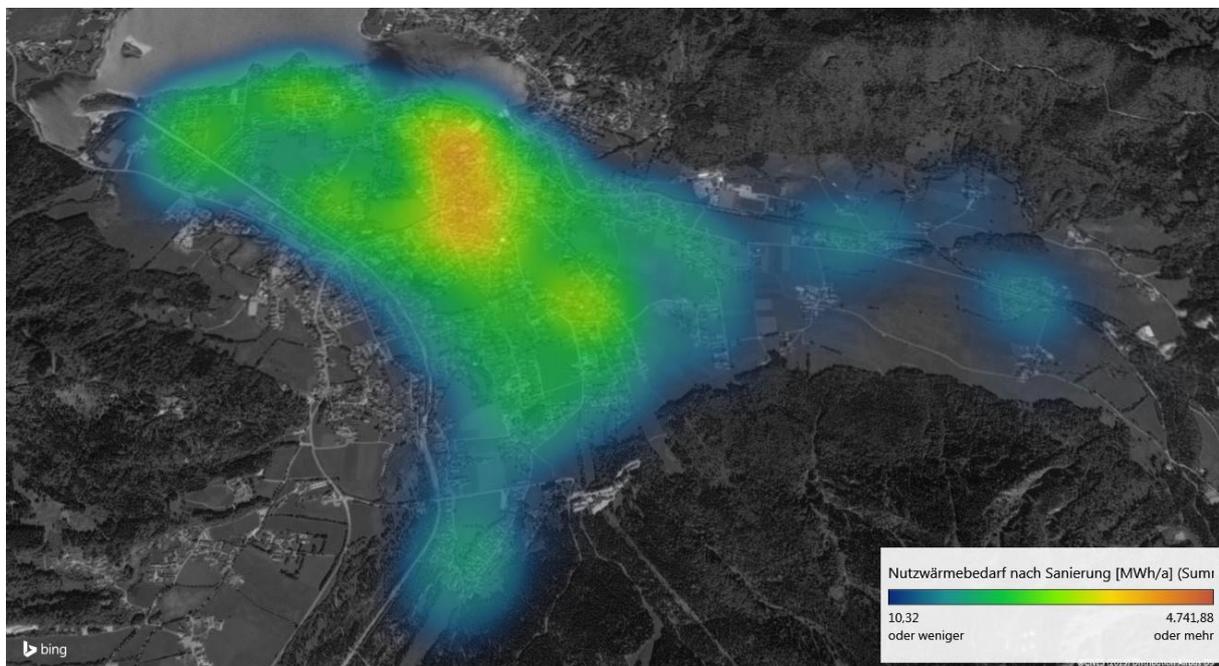


Abbildung 3-2: "Heatmap": Wärmedichte in Rottach-Egern nach Sanierung aller Bestandsgebäude der Baualtersklassen C bis F auf EnEV 2014-Standard.

Tabelle 3-1: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born 2015, 153 ff).

Baualtersklasse	EnEV 2014	Passivhausstandard
C (1919-1948)	- 44 %	- 79 %
D (1949-1957)	- 33 %	- 74 %
E (1958-1968)	- 28 %	- 69 %
F (1969-1978)	- 35 %	- 72 %

Als Trichter einer möglichen Wärmebedarfsentwicklung ist für Rottach-Egern eine Sanierungsquote zwischen 1 bis 2 % in Abbildung 3-3 dargestellt. Dabei wird angenommen, dass mit jeder Komplettsanierung der jeweilige Wärmebedarf durchschnittlich um die Hälfte reduziert wird. Bezogen auf den Gesamtwärmebedarf aller Bestandsgebäude würde sich bis 2035 mit einer Sanierungsquote von 1 % ein Einsparpotenzial von 9,5 % und mit einer Sanierungsquote von 2 % ein Einsparpotenzial von 19 % gegenüber dem Jahr 2016 ergeben.

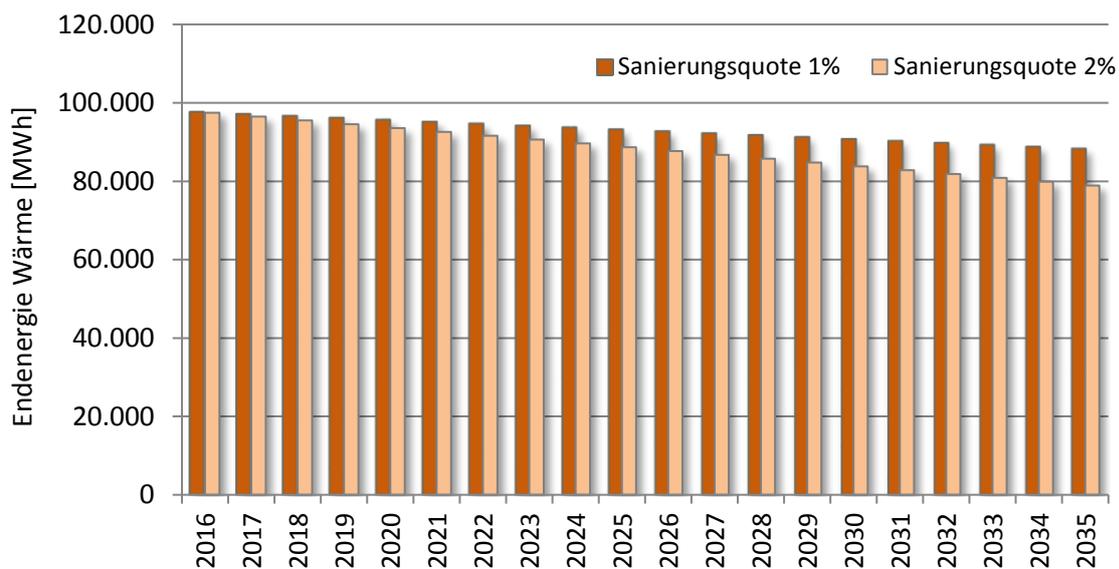


Abbildung 3-3: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Rottach-Egern.

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung

Eine deutliche Steigerung der effizienten Energieerzeugung kann durch eine aktive Bedienung der bestehenden Heizungsregelung erreicht werden:

Heizungs-
regulierung

Seit Einführung der Heizanlagenverordnung im Jahr 1995 ist eine witterungsgeführte Regelung der Heizanlage vorgeschrieben. Erfahrungsgemäß werden die vielfältigen Möglichkeiten zur energieeffizienten Einstellung der Anlage nicht genutzt. Oftmals sind Neuanlagen in der Werkseinstellung in Betrieb gegangen und keinerlei Änderungen vorgenommen worden. Folgendes sollte jeder Betreiber einer Heizanlage überprüfen: Heizprogramme für Heizkreis, Warmwasserzubereitung und Zirkulationspumpe:

Sommer-/Winterumschaltung:

Alle Heizungsregelungen verfügen über eine Schaltmöglichkeit, um den Heizbetrieb auszuschalten. Je nach energetischem Zustand ist dies ab Mitte Mai bis Ende September möglich. Moderne Regler verfügen zusätzlich über eine automatische Umstellung nach Außentemperatur. Dort kann eingestellt werden, dass der Heizbetrieb auch in Übergangszeiten bei einer Außentemperatur von z.B. über 16 °C abschaltet wird. Diese Funktion ist werksseitig oft nicht aktiviert. Gebäude mit energetisch hoher Bauqualität können diese Umschaltung bereits ab 12 °C nutzen und so ohne Komfortverlust Energie sparen.

Steilheit der Heizkurve: Grundsätzlich stellt die Witterungsführung einer Heizanlage bei kälteren Außentemperaturen wärmeres Heizungswasser zur Verfügung, um die Raumtemperaturen halten zu können. Gerade bei älteren, zu groß dimensionierten Heizanlagen führt dies zu uneffizienter, taktender Betriebsweise.

Bei niedriger eingestellten Heizkurven kann die Heizanlage sparsamer betrieben werden. Waren früher in Bestandsgebäuden mehr als 70°C Vorlauftemperatur erforderlich, so ist oftmals der Wärmebedarf aufgrund besserer Fenster oder gedämmter Speicher geringer geworden. Mit der Anpassung der Heizkurve kann wesentlich Brennstoff eingespart werden.

Weitere wertvolle Tipps zum Energiesparen gibt es u.a. bei www.verbraucherzentrale-energieberatung.de und deren kostenlosen Berater-Hotline: 0800-803 802 400.

3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale

Die folgende Analyse der Energieerzeugungspotenziale für Rottach-Egern umfasst folgende erneuerbare Energien:

- Solarenergie (S.40)
- Bioenergie (S.45)
- Windenergie (S.50)
- Wasserkraft (S.53)
- Geothermie (S.53)

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)

Die Photovoltaik ist zwar die einzige regenerative Energiequelle zur Stromerzeugung in Rottach-Egern, spielt bisher allerdings in der Gesamtbilanz nur eine geringe Rolle. Sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie, welche mit insgesamt 1.791,8 m² Kollektorfläche zu 0,6 % der Wärmebereitstellung beiträgt, bestehen große zusätzliche Potenziale auf den Dachflächen in Rottach-Egern.

Wie viel der eintreffenden Sonnenenergie in Wärme und Strom umgewandelt werden kann, hängt prinzipiell von vielen Faktoren ab, wie z.B. dem Anlagenwirkungsgrad, der Dachneigung und -ausrichtung sowie den saisonal unterschiedlichen Einfallswinkeln der solaren Strahlung. Um eine fundierte Gesamtabschätzung der Dachflächenpotenziale für Solarthermie (ST) und Photovoltaik (PV) vornehmen zu können, bedarf es folglich einer genaueren Analyse, bei der Einstrahlungsdaten und die Geometrie der Dachlandschaft in Rottach-Egern miteinander verknüpft werden. Die Vorgehensweise dazu ist in folgendem Abschnitt erläutert.

3.2.1.1 Methodik der Dachflächenpotenzialermittlung

Die Ermittlung der solarenergetischen Potenziale erfolgt auf Basis eines 3-D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) und den Globalstrahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Diese Methode erlaubt eine gebäudescharfe Ableitung des Potenzials für Photovoltaik und Solarthermie unter genauer Berücksichtigung der Dachlandschaft von Rottach-Egern.



Map.org).

Die hohe Genauigkeit dieses relativ aufwendigen Verfahrens wird im „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2011) explizit hervorgehoben. Insgesamt sind bei der durchgeführten Analyse 4.192 Gebäude mit einer Dachfläche von 521.326 m² berücksichtigt.

Dachflächen, auf denen das Anbringen von Kollektoren und Modulen aus Gründen des Denkmalschutzes nicht erlaubt ist, sind in Rottach-Egern (BLfD 2019). Ebenfalls von der Potenzialermittlung ausgeschlossen sind N-, NO-, und NW- ausgerichtete Dachflächen. Bereits bestehende PV- und ST-Anlagen werden bei der Analyse ebenso berücksichtigt und werden als nicht mehr verfügbare Dachflächen von den Potenzialflächen abgezogen.

Dabei sind alle bestehenden solarthermischen Anlagen berücksichtigt, die im Rahmen des MAP in Deutschland gefördert wurden. Datenbasis dieser Anlagen ist die Statistik des BSW (BSW 2018). Die Daten über die bestehenden PV-Anlagen wurden dem Energieatlas Bayern entnommen (LfU 2016, (Bayernwerk AG 2018b)(Bayernwerk AG 2018b)(Bayernwerk AG 2018b)(Bayernwerk AG 2018b)Bayernwerk AG 2018b). Die Globalstrahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2017) bilden im nächsten Schritt die Grundlage zur Ermittlung der verfügbaren Einstrahlung auf den Dachflächen der Gemeinde. Da sich Globalstrahlungsdaten auf horizontale Flächen beziehen, sind die Daten zusätzlich nach Dachneigung und -ausrichtung korrigiert, um damit die auf den einzelnen Dachflächen tatsächlich verfügbare Energiemenge zu ermitteln (siehe Abbildung 3-5). Die Umsetzung dieser Korrektur erfolgte mit Unterstützung des Lehrstuhls für Geographie und Fernerkundung der LMU München im Rahmen des Projekts INOLA (Innovationen für ein Nachhaltiges Land- und Energiemanagement).

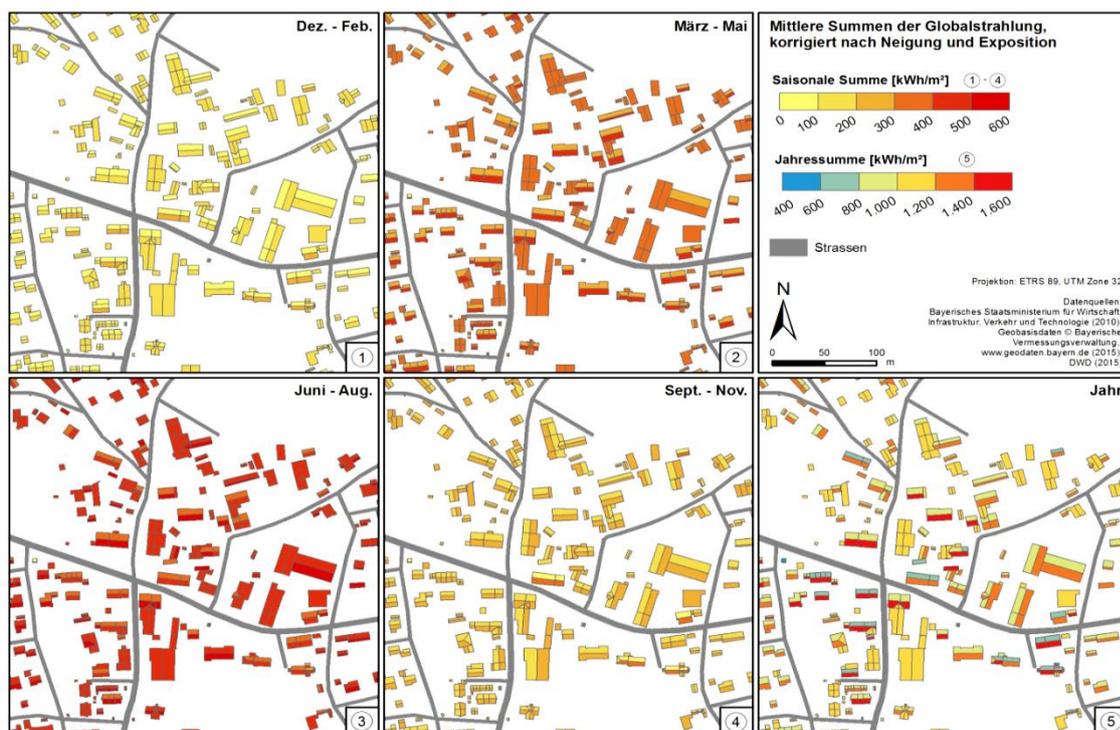


Abbildung 3-5: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016).

Für Flachdächer ist bei der Potentialermittlung eine Aufständigung mit 35° Neigung und südlicher Ausrichtung die zugrunde liegende Annahme. Durch diese Kollektorkonfiguration können maximale jährliche Einstrahlungssummen erreicht werden. Die aus der Aufständigung resultierenden Verschattungseffekte sind gemäß dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG, StMWIVT, OBB 2011) durch einen überschlägigen Reduktionsfaktor von 0,4 berücksichtigt, da im Jahresdurchschnitt nur knapp 40 % der gesamten Flachdachfläche in Form solch aufgeständerter Kollektoren genutzt werden kann.

Die gesamte Abfolge von Arbeitsschritten zur Potentialermittlung für Photovoltaik und Solarthermie auf den Dachflächen der Gemeinde Rottach-Egern kann im Detail im Ablaufschema von Anhang 2 nachvollzogen werden. Die Potenziale für Photovoltaik und Solarthermie wurden jeweils unabhängig voneinander untersucht und dürfen folglich nicht aufsummiert werden.

3.2.1.2 Photovoltaik

Für die Ermittlung des PV-Dachflächenpotenzials sind lediglich Dächer berücksichtigt, die mindestens ein Modulflächenpotenzial von 20 m² aufweisen. Eine Wirtschaftlichkeit ist i.d.R. erst ab dieser Flächengrößenordnung gegeben. Wie in Tabelle 3-2 zusammenfassend dargestellt wird, ist auf den geeigneten und noch nicht belegten Dachflächen der Gemeinde maximal noch Platz für rund 237.728 m² PV-Modulfläche. Bei vollständiger Nutzung dieser Fläche ergäbe sich ein PV-Gesamtpotenzial in der Größenordnung von **23.790 MWh** pro Jahr bei einem Jahresnutzungsgrad von 9 % gemäß „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2011), wobei der Jahresnutzungsgrad mittlerweile höher ist.

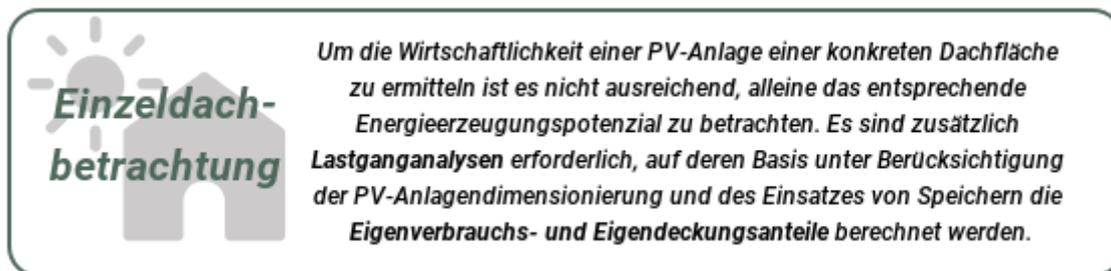
Tabelle 3-2: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Rottach-Egern.

Ertragspotenzial PV [MWh/a]	Modulflächenpotenzial PV [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
23.790	237.728	100

Beachtet man die Gebäudenutzung, so wird deutlich, dass rund 66 % des verfügbaren Potenzials auf Wohn- und Hauptgebäude und knapp 31 % auf die Dachflächen von Gewerbebetrieben entfallen. Diese enthalten ebenfalls landwirtschaftlich genutzte Gebäude. Die Dächer der öffentlichen Gebäude mit Rathaus, Feuerwehrgebäuden, Kindergärten und Schulen machen 3 % aus. Die Dachflächen von Nebengebäuden und Überdachungen machen einen sehr kleinen Anteil am hier berechneten PV-Potenzial aus.

Berücksichtigt man zusätzlich die Ausrichtung der Dachflächen, so sind 45 % der betrachteten Dächer in die besonders geeigneten Expositionen Südsüdost, Süd und Südsüdwest ausgerichtet. Allerdings sind auch PV-Anlage die Richtung Ost und West ausgerichtet sind vor allem für Privathaushalte attraktiv. Beim typischen Verbraucherverhalten können mit

der Sonneneinstrahlung in den Morgen und Abendstunden gute Eigenverbrauchsanteile erreicht werden.



FAZIT: Das Potenzial ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Aus wirtschaftlicher Sicht, empfiehlt sich die Installation einer PV-Anlage sowohl für die meisten Gewerbebetriebe als auch auf vielen Privatgebäuden.

3.2.1.3 Solarthermie

Für die Ermittlung des ST-Potenzials wurden bereits geeignete Dachflächen ab einem Potenzial für 9 m² Kollektorfläche berücksichtigt, da dies derzeit die Mindestvoraussetzung in der BAFA-Basisförderung für Solarthermie-Flachkollektoren ist (BAFA 2018a). Im Gegensatz zum PV-Potenzial wurden nur die Dachflächen von Wohn- und Hauptgebäuden sowie die der Kindergärten berücksichtigt. Flachdächer sowie die Dächer der übrigen Gebäudekategorien wurden von der ST-Potenzialanalyse ausgeschlossen, da bei diesen Gebäuden die erzeugte Wärme erfahrungsgemäß oft nicht genutzt werden kann. Die im Einzelfall durchaus vorhandene wirtschaftliche Rentabilität von ST-Anlagen muss individuell vor Ort geprüft werden und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Potenzialermittlung.

Wie in Tabelle 3-3 dargestellt, konnte insgesamt für die Gemeinde ein Potenzial von rund 143.783 m² geeigneter und verfügbarer ST-Kollektorfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich für die Gemeinde ein solarthermisches Potenzial in der Größenordnung von **39.227 MWh** pro Jahr bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 25 % gemäß Leitfadens Energienutzungsplan (StMUG u. a. 2011).

Tabelle 3-3: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Rottach-Egern.

Ertragspotenzial ST [MWh/a]	Kollektorflächenpotenzial ST [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
39.227	143783	273

FAZIT: Auch dieses Potenzial sollte verstärkt genutzt werden. Der günstigste Zeitpunkt für die Installation einer solarthermischen Anlage ist bei Modernisierung der Heizanlage. Die neuen Systeme können optimal aufeinander abgestimmt werden. Die Fördermittel sind bei gleichzeitiger Installation von neuem Kessel und Solaranlage am höchsten.

3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik

Die für Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Frage kommenden Gebiete richten sich nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG 2017) und umfassen u.a. Flächen:

- Die Längs von Autobahnen oder Schienenwegen liegen und wenn die Anlage in einer Entfernung von bis zu 110 m liegt.
- Die zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplanes bereits versiegelt waren.
- Die sich auf Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung befinden und diese Flächen zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans nicht rechtsverbindlich als Naturschutzgebiet im Sinn des § 23 des Bundesnaturschutzgesetzes oder als Nationalpark im Sinn des § 24 des Bundesnaturschutzgesetzes festgesetzt worden sind.

In Rottach-Egern befindet sich keine Fläche die entsprechend den oben genannten Kriterien für eine Photovoltaik-Freifläche in Frage kommen würde.

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, dass auch auf Grün- oder Ackerflächen PV-Anlagen errichtet werden können. Die bayerische Landesregierung ermöglicht die Förderung von PV-Anlagen auf Acker- und Grünlandflächen in den so genannten landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten (StMWi 2017c). Um eine übermäßige Inanspruchnahme von landwirtschaftlich und naturschutzfachlich wertvollen Flächen zu vermeiden regelt die Freiflächenverordnung, dass maximal 70 Freiflächenanlagen pro Jahr genehmigt werden können. In Rottach-Egern sind alle Flächen gemäß VO RL 75/268/EWG als benachteiligtes Gebiet (Berggebiet, benachteiligte Agrarzone, Kleines Gebiet) klassifiziert. Seit Juni 2017 können sich PV-Projekte in diesen Gebieten bei den Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur für eine Förderung bewerben. Gebiete für Anlagen auf Flächen, die als Natura 2000-Gebiet festgesetzt oder Teil eines gesetzlich geschützten Biotops sind, sind von der Förderung ausgenommen. Selbstverständlich liegt es im Ermessen des Grundstückseigentümers, wie Flächen genutzt werden.

Eine konkrete Ausweisung von solchen Potenzialflächen ist nur schwer möglich. Die Grünlandflächen in Rottach-Egern alleine würden theoretisch ausreichen, um bilanziell den Gesamtstrombedarf der Gemeinde erzeugen zu können. Zu beachten ist jedoch, dass es für die Entwicklung solcher PV-Freiflächenanlagen in Rottach-Egern wenig Spielraum gibt. Zum einen stehen weite Teile der Gemeinde unter dem Schutz verschiedener Schutzgebietskategorien (Abbildung 1-6), zum anderen spielt der Siedlungsdruck eine Rolle. Auch die Akzeptanz der Bevölkerung für solche Projekte ist wichtig.

Eine Grundvoraussetzung zur Errichtung einer Freiflächenanlage ist, dass die zuständige Kommune die Nutzung bzw. Bebauung der in Betracht kommenden Fläche rechtsverbindlich zulässt und alle öffentlichen und privaten Interessen berücksichtigt. Ansprechpartner für die Erstellung oder Änderung eines Bebauungsplanes ist die örtliche Baubehörde. Stimmt die Gemeinde einem solchen Vorhaben zu, muss Sie den Bereich in welchem eine Freiflächen-Photovoltaikanlage errichtet werden soll, in ihrem Flächennutzungsplan entsprechend als Sondergebiet („Fläche für Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien – Sonnenenergie“) ausweisen.

FAZIT: In der Praxis ist kein Potenzial vorhanden.

3.2.3 Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft

Bedingt durch Landnutzung und naturräumliche Bedingungen ergeben sich verschiedene Biomasse-Energiepotenziale für Rottach-Egern. Insgesamt werden von der gesamten Gemeindefläche (rund 22 km²) in Rottach-Egern 50 % landwirtschaftlich und 37 % forstwirtschaftlich genutzt (Abbildung 1-4) (LfStat 2018a). Das sich daraus ergebende energetische Potenzial durch Nutzung verfügbarer Biomasse wird in den folgenden Kapiteln analysiert.

3.2.3.1 Energieholz

Aufgrund des Waldreichtums in der Region kommt dem Energieträger Holz eine ganz besondere Rolle zu. Dabei stehen mit Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholzheizungen verschiedene Möglichkeiten zur thermischen Energiegewinnung zu Verfügung. Alle drei Formen haben eines gemeinsam: Als erneuerbarer und nachwachsender Energieträger ist die CO₂-Bilanz um ein Vielfaches besser als im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Öl und Gas. Kurze Transportwege tragen zusätzlich zum Klimaschutz bei und sorgen für die regionale Wertschöpfung.

Entscheidend zur Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials für Energieholz ist die Kenntnis über die Waldeigentumsverhältnisse sowie über die regionale Sortierungspraxis (stoffliche Nutzung, Energieholz, Industrieholz). Während die Staatsforstwälder bereits nahe am nachhaltigen Maximum bewirtschaftet werden und deren Holz direkt von den bayerischen Staatsforsten vermarktet wird, sind es insbesondere die Privat- und Körperschaftswälder, in denen noch große nachhaltig nutzbare Energieholzmengen entnommen werden können. Aus dem Überblick über die Eigentumsverhältnisse in Rottach-Egern (Abbildung 3-6) wird ersichtlich, dass von den insgesamt 4.030 ha Waldfläche in Rottach-Egern 69 % Staatswälder sind. Die restlichen 1.230 ha sind Privat- und Körperschaftswälder. 99 % dieser Waldflächen sind Bergwaldflächen, was bedingt, dass einige Bereiche aufgrund der topographischen Lage schwer zugänglich sind und damit nicht bewirtschaftbar sind. Hinzu kommt, dass es sich in den höheren Lagen oberhalb der Waldgrenze um

Latschenbewuchs handelt. Diese Bereiche tragen somit nicht zum Energieholzpotenzial bei.

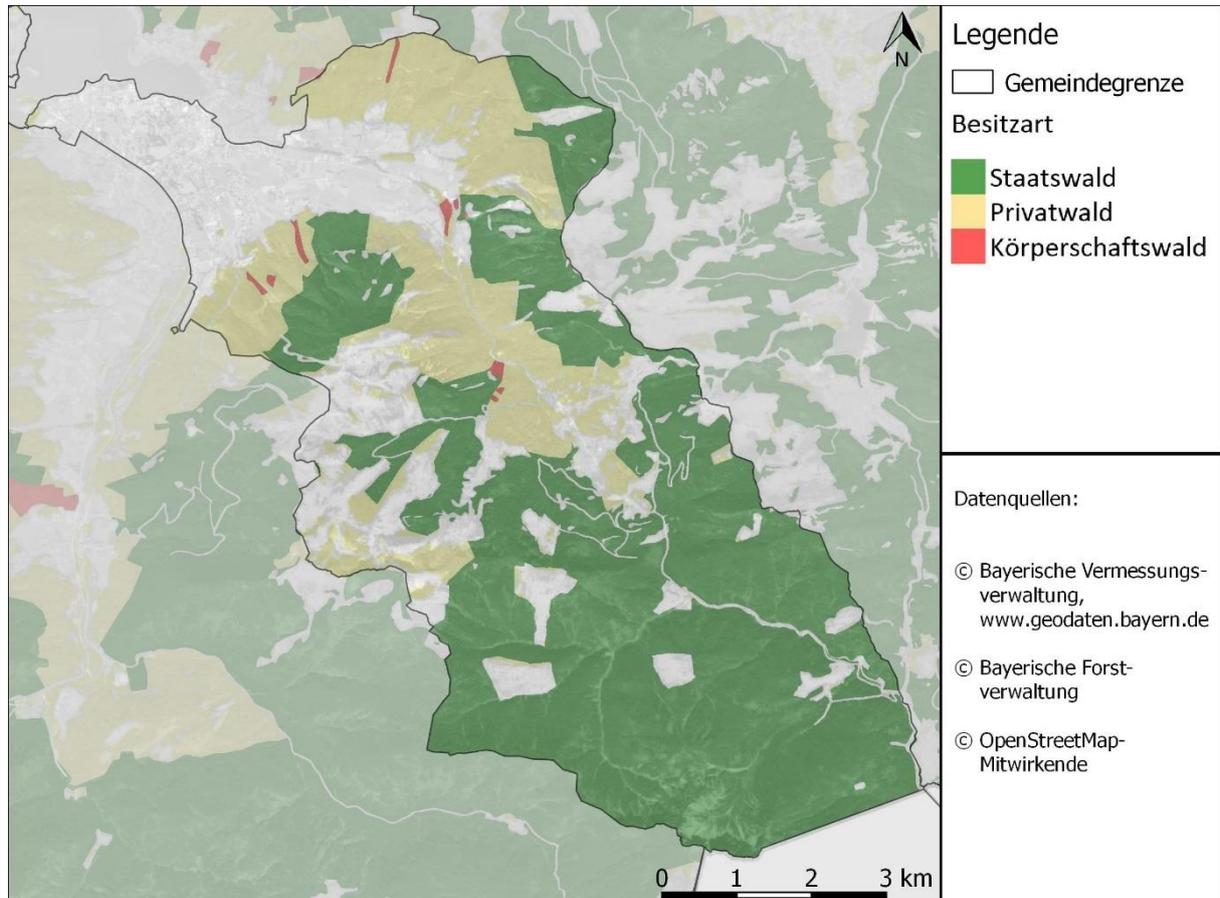


Abbildung 3-6: Forstliche Übersichtskarte mit Eigentumsverhältnissen in Rottach-Egern.

Die aktuelle Sortierungspraxis der Privat- und Körperschaftswälder setzt sich in etwa aus rund 71 % Stammholz, 10 % Industrieholz und 19 % Energieholz zusammen. Dabei ist das Energieholz stets als „Abfallprodukt“ der stofflichen Nutzung zu sehen. Zudem ist im Sinne einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung zu beachten, dass ein gewisser Teil des verfügbaren Holzes als Totholzlebensraum und zur Aufrechterhaltung der Nährstoffverfügbarkeit im Wald verbleiben soll.

Insgesamt ergibt sich für die gesamten Privatwaldflächen von Rottach-Egern ein Energieholzpotenzial von **2.012 srm/a bzw. 1.006 Ster pro Jahr**, wovon bisher knapp die Hälfte genutzt wird (Abbildung 3-7). Zusätzliche **1.086 srm/a** würden in den Waldflächen zur Verfügung stehen. Unter Annahme der Nadel- und Laubholzverteilung von 70 % Nadel- und 30 % Laubholz könnten so durch Energieholz aus den Privatwäldern des Gemeindegebietes zusätzlich **1.046,3 MWh Wärme pro Jahr** erzeugt werden. Durch diese Menge ließen sich **104.634 l Heizöl** ersetzen. Darüber hinaus fallen rund 10 % des Stammholzes als Sägespänerest an. Dieser kann zu Pellets weiterverarbeitet werden und so zusätzlich zum Energieholzpotenzial beitragen. Noch nicht eingeschlossen in diese Analyse sind mögliche

Potenziale aus Kurzumtriebsplantagen oder Abfallreste wie beispielsweise Straßenbegleitgrün.

Um auch die Energieholzpotenziale aus den in Rottach-Egern gelegenen Staatsforsten nutzen zu können, sollte allerdings die Möglichkeit nicht außer Acht gelassen werden, mit den bayerischen Staatsforsten eine direkte Nutzung für Rottach-Egern zu vereinbaren. Zuständig für das Gemeindegebiet Rottach-Egern ist der Forstbetrieb Schliersee (baysf 2018).

Ein Großteil des Staatswalds in Rottach-Egern ist Bergwald, was die Erschließung und Bewirtschaftung erschwert. Der Hiebsatz liegt bei 2,7 fm/ha pro Jahr. Insgesamt ergibt sich damit ein Energieholzpotenzial von **1.921 srm/a**. Das entspricht rund **1.937 MWh Wärme** bzw. eine Menge von **181.059 Litern Heizöl**.

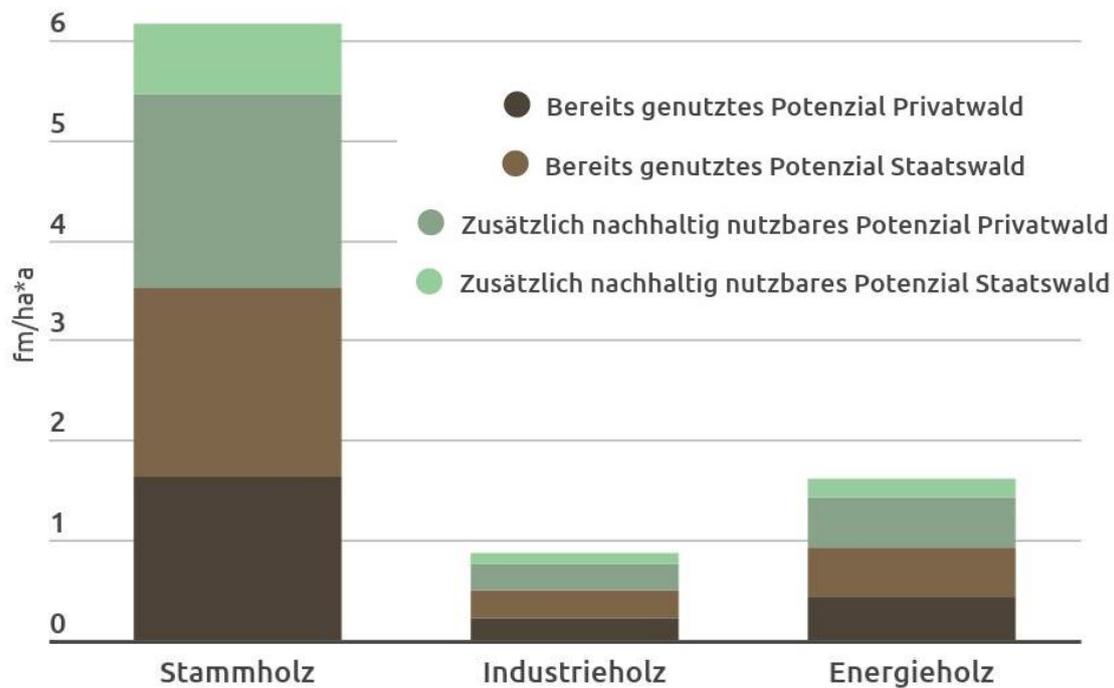


Abbildung 3-7: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts- und Staatswäldern auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern.

FAZIT: Vor allem für Landwirte und deren Nachbarn ist das Potenzial wirtschaftlich gut nutzbar. Neue Hackschnitzelheizungen liefern bei Einsatz von trockenem Material saubere und regenerative Wärme. Langfristige Lieferungen von Wärme über Verbindungsleitungen in benachbarte Häuser erhöhen meist die Wirtschaftlichkeit.

3.2.3.2 Biogas

Die Energiegewinnung durch Biogas gilt als innovativ, ist aber auch mit großen Herausforderungen verbunden. Durch Verbrennung von Biogas in BHKWs kann neben Strom auch die anfallende Abwärme genutzt werden. Somit kann eine besonders energetisch effiziente

Nutzung dieses regenerativen Energieträgers stattfinden. Momentan existiert im Gemeindegebiet von Rottach-Egern eine Biogasanlage.

Welche Biogaspotenziale innerhalb von Rottach-Egern bestehen, um das in der Nutztierhaltung anfallende Düngematerial zum Vergären in Biogasanlagen und zur anschließenden Energieproduktion zu nutzen, ist in Tabelle 3-4 dargestellt. Interessant ist, dass nach der Vergärung die Biogasgülle sogar mit teils verbesserten Düngeeigenschaften wie vor der Vergärung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden kann (Biogas Forum Bayern 2017). Auf die Ausweisung eines Biogaspotenzials durch Maisvergärung wurde verzichtet, da innerhalb der Gemeinde kaum geeignete Anbauflächen in Frage kommen. Darüber hinaus führen Maismonokulturen zahlreiche ökologische Nachteile mit sich.

Datengrundlagen der folgenden Biogaspotenzialanalyse für Rottach-Egern sind die Nutztierstatistik sowie die durchschnittlichen Energiegewinne aus Festmist bzw. Gülle und den Betriebsstunden des BHKWs. Eine separate Berücksichtigung von Mastrindern und Milchkühen ist deshalb erforderlich, da sich die entsprechenden Energiepotenziale deutlich unterscheiden (siehe Tabelle 3-4). Gute Biogaserträge lassen sich auch mit Pferdemist erzielen (siehe Biogasanlage Reichersbeuern), weshalb dieser bei der Potenzialanalyse mitberücksichtigt wurde.

Der momentane Nutztierbestand in Rottach-Egern beläuft sich auf insgesamt etwa 657 Rinder, wovon 255 Milchkühe sind. Die Anzahl der Einhufer (Pferde, Esel) im Gemeindegebiet beträgt 79 (LfStat 2018e). Bei gänzlicher Nutzung der anfallenden Gülle- und Festmismengen ließen sich mit diesem Nutztierbestand ca. **176.717 m³/a** Methan bzw. **621 MWh_{el}/a** produzieren.

Tabelle 3-4: Berechnungsgrundlage zur Abschätzung des Biogaspotenzials in Rottach-Egern (FNR 2014).

	<i>Berechnungsfaktor</i>		Anzahl TP	Potenzial MWh_{el}/a
	[m³ CH₄/TP*a]	[kWh_{el}/TP *a]		
Mastrind (2,8 t Festmist/TP*a)	185	562	402	226
Milchkuh (17 m ³ Gülle/TP*a)	289	1.095	255	279
Einhufer (11,1 t Festmist/TP*a)	388	1.472	79	116
			Gesamt	621

Wie in Abbildung 3-8 dargestellt, entsprechen auf Basis der durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden von deutschen Biogasanlagen (Agentur für Erneuerbare Energien 2013) 621 MWh_{el}/a einer installierten Leistung von 100 kW_{el}. Demnach wäre in Rottach-Egern eine 75-kW-Anlage rechnerisch möglich, ausgehend von einer nahezu vollständigen energetischen Verwertung der aktuell in Rottach-Egern anfallenden Gülle- und Festmismengen. Anlagen mit Leistungen bis zu 75 kW_{el} sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insofern interessant, da diese nach dem EEG 2017 nicht unter die Ausschreibungspflicht

fallen und derzeit einen erhöhten Vergütungshöchstwert von 23 ct/kWh erhalten, gemäß § 44 „Strom aus neuen Biomasseanlagen“ (EEG 2017).

Grundvoraussetzungen einer solchen Anlagenrealisierung sind die Bereitschaft mehrerer Landwirte zum Zusammenschluss zu einer Betreibergesellschaft sowie eine sichergestellte Fortführung der Tierhaltung. Eine gleichzeitige Wärmenutzung ist prinzipiell wünschenswert, aber aufgrund der großen Abstände von Biogasanlagen zu potenziellen Wärmeabnehmern oftmals wirtschaftlich nicht realisierbar.

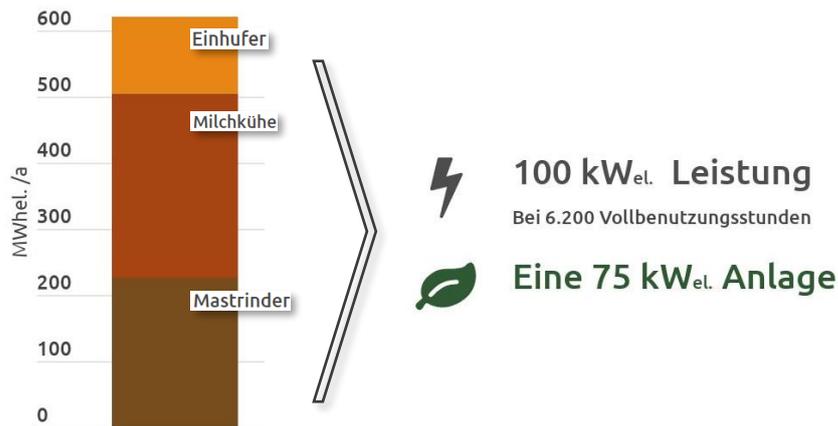


Abbildung 3-8: Die sich aus dem Nutztierbestand in Rottach-Egern ergebenden Biogaspotenziale.

FAZIT: In der Praxis kein Potenzial nutzbar.

3.2.3.3 Alternative Biogassubstrate

Die naturräumlichen Voraussetzungen für Energiemais als derzeit am häufigsten angebaute Energiepflanze in Mitteleuropa sind in und um Rottach-Egern meist nicht gegeben. In ackerbaulich benachteiligten Gebieten wie dem Voralpengebirgsraum können in Zukunft jedoch unter Umständen alternative Biogassubstrate an Bedeutung gewinnen. Das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau (LWG) sowie das Technologie- und Förderzentrum für Nachwachsende Rohstoffe untersuchen seit einigen Jahren Alternativen zum Energiemais und entwickeln entsprechende Anbaukonzepte (Biogas Forum Bayern 2017). Erste Versuche zeigen, dass in Alpenvorlandgebieten unter Umständen Zweitfruchtanbausysteme oder mehrjährige Energiepflanzenkulturen (z.B. Sida oder Riesenweizengras) attraktiv werden könnten. Derzeit existieren kaum langjährige Erfahrungen zu alternativen Energiepflanzenfruchtfolgen oder mehrjährigen Energiepflanzen, so dass hier weiterer Forschungsbedarf besteht. Auf eine Quantifizierung möglicher Potenziale wurde vor diesem Hintergrund verzichtet. Aktuelle Versuchsergebnisse können in den „Informations- und Demonstrationszentren Energiepflanzenanbau“ an zehn Standorten in Bayern besichtigt werden (<http://biogas-forum-bayern.de/energiepflanzen>).



Abbildung 3-9: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern 2017).

Eine weitere Möglichkeit zum Energiepflanzenanbau sind sogenannte Kurzumtriebsplantagen (KUP), die dann weiter zu Hackschnitzel verarbeitet werden können. Der Anbau von KUP ist insbesondere auf Ackerflächen mit guter Wasserversorgung und schlechter Nährstoffversorgung eine interessante Alternative und wird in wissenschaftlichen Untersuchungen als ökologisch wertvoll eingestuft (Strohm u. a. 2012). KUP können auch als ökologische Vorrangfläche (ÖVF) im Rahmen des Greenings angerechnet werden. Insofern stellen KUP eine interessante Alternative für Landwirte dar, um die Greening-Anforderungen zu erfüllen. Unregelmäßige Zahlungsströme, eine lange Flächenbindung und niedrige Hackschnitzelpreise sind dagegen derzeit die Gründe, warum die Bereitschaft gegenüber dem Anbau von KUP häufig noch gering ist.

Zur Standortbewertung stellt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) die Ergebnisse eines Ertragsmodells im Internet zur Verfügung, mit dem sich Erträge im Pappelanbau einschätzen lassen (www.kupscout-bayern.de).

FAZIT: Aufgrund des hohen Siedlungsdrucks und der touristischen Prägung des Ortes ist kein Potenzial nutzbar.

3.2.4 Windenergie

Die Windkraft gehört zu den kostengünstigsten regenerativen Stromerzeugungsformen, vorausgesetzt Windhäufigkeit und Windgeschwindigkeiten am Standort sind gegeben. Die Windenergienutzung zeichnet sich besonders durch einen geringen Flächenverbrauch, eine geringe energetische Amortisationszeit (3 bis 6 Monate) und einem nahezu emissionslosen Anlagenbetrieb aus. Mit dem Erlass der 10-H-Regelung ist der Ausbau der Windkraft in Bayern jedoch faktisch zum Erliegen gekommen.

Allerdings können die Städte und Gemeinden im Wege der Bauleitplanung Baurecht für Windenergieanlagen schaffen, ohne bei der Aufstellung entsprechender Flächennutzungs- und Bebauungspläne an den 10-H Abstand gebunden zu sein. So regelt Art. 82 Abs. 1

Bay-BO nur die Frage der Privilegierung von Windenergieanlagen im unbeplanten Außenbereich.

Neben den schwierigen gesetzlichen Rahmenbedingungen sind auch die fehlende Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung gegenüber Windrädern Gründe, die gegen den Bau von Windkraftanlagen sprechen. Nichtsdestotrotz wurde für Rottach-Egern sowohl das Potenzial für Groß- als auch für Kleinwindanlagen untersucht, da sich die genannten Rahmenbedingungen unter Umständen auch wieder in Richtung pro Windkraft entwickeln können.

3.2.4.1 Großwindanlagen

Der Mindestwert für den wirtschaftlichen Betrieb einer Großwindkraftanlage (mit ca. 130 m Nabenhöhe) liegt in Abhängigkeit von der Einspeisevergütung bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa 4,5 bis 5,0 m/s auf Nabenhöhe (Kaltschmitt u. a. 2014).

In Abbildung 3-10 ist klar erkennbar, dass die Windgeschwindigkeiten auf 130 m Nabenhöhe generell deutlich unterhalb von 4,5 m/s liegen. Lediglich im Bereich südlich des Wallbergs und im Verlauf des Bergrückens entlang der östlichen Gemeindegrenze können die Windgeschwindigkeiten 4,5 m/s und mehr erreichen. Allerdings handelt es sich bei diesen Bereichen um FFH-, Vogelschutz- und Landschaftsschutzgebiete, welche die Errichtung von Windkraftanlagen ausschließen. Zudem wäre die Anbindung einer Windkraftanlage aufwendig und mit der derzeitigen EEG-Vergütung wirtschaftlich nicht darstellbar. Auf eine zusätzliche Betrachtung der Auswirkungen der 10-H-Regel wurde verzichtet.

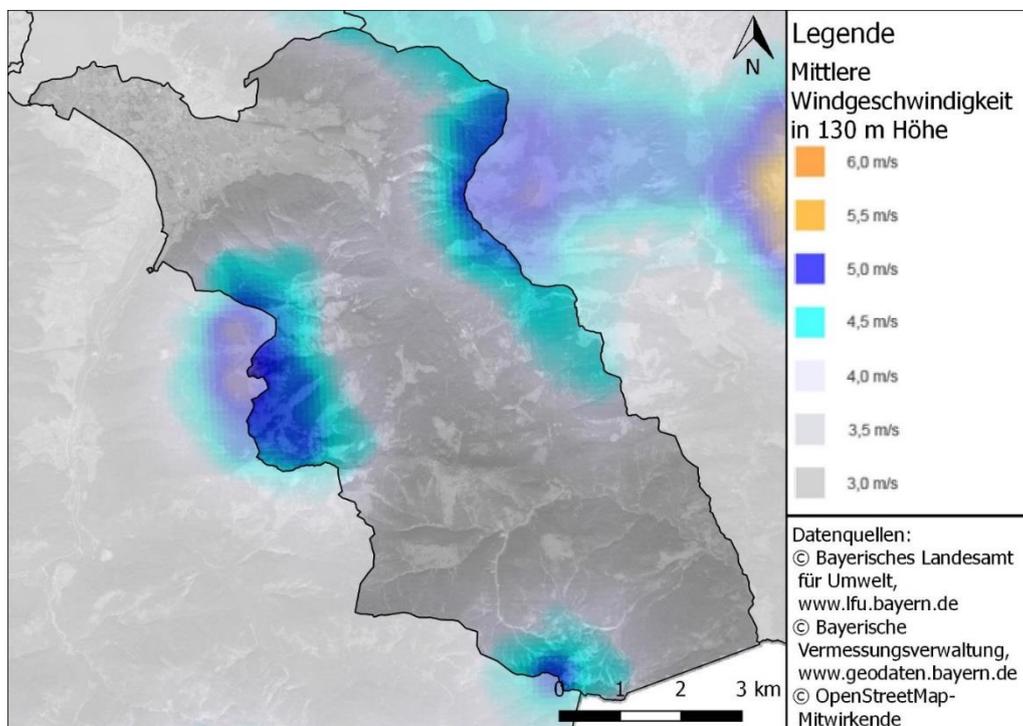


Abbildung 3-10: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund.

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial für große Windkraftanlagen vorhanden.

3.2.4.2 Kleinwindkraftanlagen

Bei Kleinwindkraftanlagen ist ein Mindestwert der Windgeschwindigkeit von 4,5 m/s auf Nabenhöhe, die Windgeschwindigkeitsverteilung, eine möglichst freie Anströmung in Hauptwindrichtung sowie ein hoher Eigenverbrauchsanteil für einen wirtschaftlichen Betrieb nötig (BWE 2013). Welche mittleren Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe in Rottach-Egern zu erwarten sind, ist in Abbildung 3-11 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Windgeschwindigkeiten über Rottach-Egern bei 2,0 bis 3,0 m/s liegen, in höheren Lagen bei 4,0 bis 5,0 m/s. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, handelt es sich bei diesen Flächen auch für Kleinwindkraftanlagen um Ausschlussgebiete. Damit kann für Rottach-Egern kein Potenzial für Kleinwindkraftanlagen ausgewiesen werden. Im Einzelfall kann ein Betrieb dann in Betracht gezogen werden, wenn es keine öffentliche Stromversorgung gibt und keine alternativen regenerativen Energieerzeugungsformen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus bieten sich Kleinwindkraftanlagen mit Pilotprojektcharakter dann an, wenn eine hohe technische Affinität zu innovativen Energielösungen besteht und der Betrieb unabhängig von wirtschaftlichen Überlegung erfolgen kann. Prinzipieller Vorteil solcher Eigenverbrauchslösungen ist, dass sich das Bewusstsein zum eigenen Energieverbrauch signifikant verändert und dies zu einer nachhaltigen Veränderung des eigenen Verbrauchsverhaltens im positiven Sinne führt.

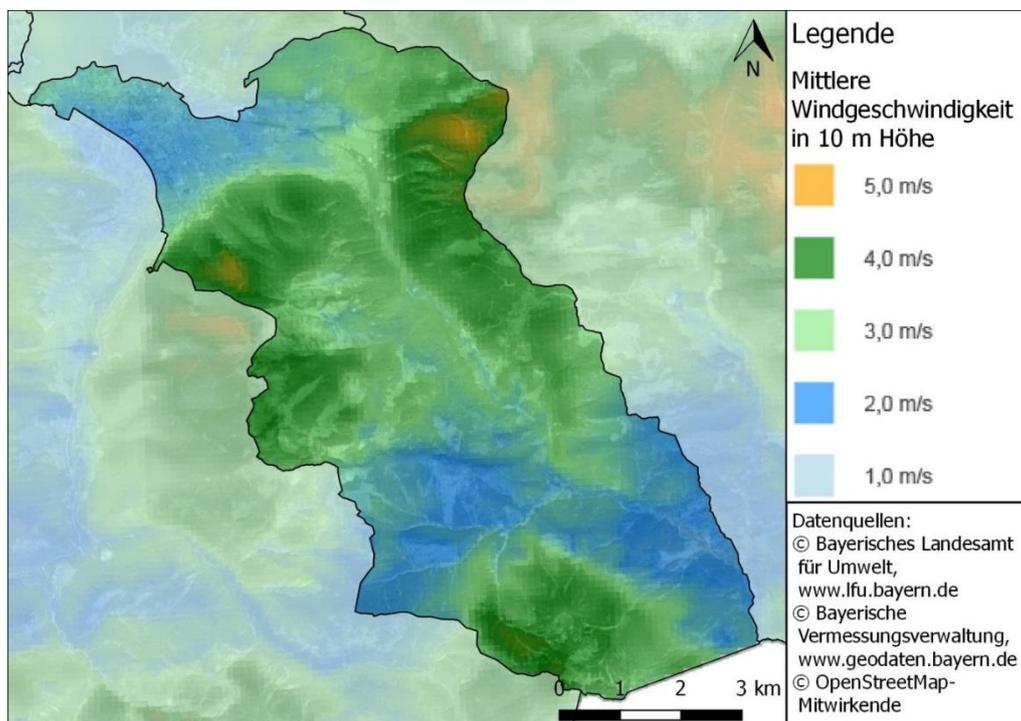


Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund.

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial für Kleinwindkraftanlagen vorhanden.

3.2.5 Wasserkraft

Wasserkraft ist aufgrund der Energieumwandlung mit sehr hohem Wirkungsgrad neben der Windenergie ebenfalls eine sehr kostengünstige Form der regenerativen Stromerzeugung. Auf Basis der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen sind jedoch fast ausschließlich Potenziale durch Modernisierung und Nachrüstung sowie durch Neubau an bestehenden Querbauwerken realisierbar (LfU 2019).

In der Vergangenheit bestand die Nutzung der Wasserkraft in Rottach-Egern bei alten Mühlen oder Sägewerken. Die Wasserrechte an diesen Standorten wurden nicht erneuert. Die relativ geringen Potenziale sind aufgrund des aufwendigen Genehmigungsverfahrens wirtschaftlich nicht erschließbar.

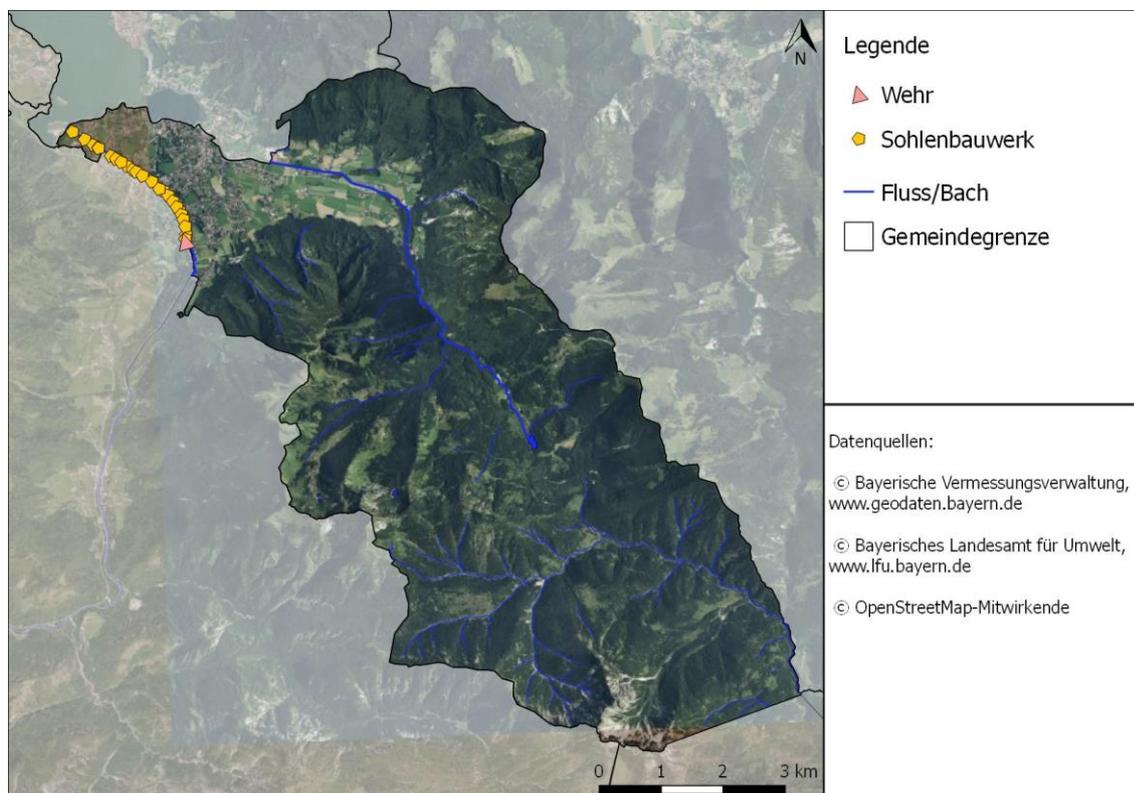


Abbildung 3-12: Gewässerkulisse von Rottach-Egern.

FAZIT: Mit den derzeitigen Regularien und Stromvergütungen ist kein wirtschaftlich nutzbares Potenzial vorhanden.

3.2.6 Oberflächennahe Geothermie

Die Nutzung oberflächennaher geothermischer Energie als alternative, umweltfreundliche Energiequelle hat großes Potenzial und gewann in den letzten Jahren dank technologischer Weiterentwicklungen immer mehr an Bedeutung. Erdwärme ist außerdem eine sehr stabile, krisensichere und konstante Energiequelle, da diese im Gegensatz zur Solar- und

Windenergie, welche infolge der unterschiedlichen Sonneneinstrahlung und des Windangebots tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen, unabhängig ist. Zudem geht diese Technologie ohne Eingriffe ins Landschaftsbild einher. Der Entzug von Erdwärme aus oberflächennahen Erdschichten erfolgt mittels Wärmepumpen. Dabei wird der Umgebung aus dem Grundwasser oder dem Erdreich Wärme entzogen und zum Heizen ins Hausinnere geleitet. Per Definition wird die Nutzung bis 400 m Tiefe als oberflächennahe Geothermie bezeichnet (LfU 2013). In der Praxis werden in aller Regel aber nur Tiefen bis 100 m erschlossen, da bergrechtlich (BBergG §127) Bohrungen bis zu 100 m freigestellt sind. Tiefere Bohrungen müssen der zuständigen Bergbehörde angezeigt werden (Hähnlein u. a. 2011). Der Gebrauch von Wärmepumpen zur Nutzung der Erdwärme erlaubt es zudem, neben der Bereitstellung von Wärmeenergie, auch Gebäude zu kühlen. So kann beispielsweise ein Gebäude mit Hilfe einer Wärmepumpe im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden. Für die Nutzung von Umgebungsluft kommen Luft-Wärmepumpen mit ähnlichem Prinzip zum Einsatz. Jedoch ist die Verwendung im Sinne der Energiewende oftmals suboptimal. Denn immer dann, wenn die Luftwärmepumpe viel Strom benötigt (kalte Witterung), steht i.d.R. wenig erneuerbarer Strom zu Verfügung. In größeren Gebäuden könnte eine Kombination von Luftwärmepumpe mit einem Gas-Brennwertgerät die CO₂ – Bilanz eines Gebäudes deutlich verbessern.

Prinzipiell ist die Nutzung von Erdwärme nur dann ökologisch sinnvoll, wenn niedrige Vorlauftemperaturen zur Beheizung von Gebäuden erforderlich sind. Denn die Wärmepumpe arbeitet umso besser, je niedriger das Temperaturniveau ist, auf das diese das Heizwasser aufheizen muss. Je kleiner der Temperaturunterschied zwischen dem Medium und der Vorlauftemperatur, desto höher ist der Wirkungsgrad. Gut geeignet ist der Einsatz von Wärmepumpen demnach bei Neubauten mit Flächenheizungen, aber auch bei älteren Gebäuden, deren Wärmebedarf durch Sanierungsmaßnahmen reduziert wurde. Der zum Betrieb von Wärmepumpen notwendige Strom sollte möglichst gering sein und durch regenerative Energien, wie z.B. durch eine PV-Anlage bereitgestellt werden. Eine Aussage über die Energieeffizienz der eingesetzten Wärmepumpe gibt die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ).



Die JAZ beschreibt das Verhältnis zwischen der jährlich abgegebenen Nutzwärme und der eingesetzten elektrischen Energie.

"Effiziente oberflächennahe geothermische Anlagen haben eine JAZ größer vier. Das bedeutet, dass mit 3 Teilen Erdwärme (75 %) und 1 Teil Strom für die Wärme- und Umwälzpumpen (25 %) 4 Teile (100 %) Nutzwärme für Heizung und Warmwasser erzeugt werden können (LfU, 2013)".

Prinzipiell gibt es verschiedene Systeme, wie dem Erdreich oberflächennah Wärme entzogen werden kann. Dazu zählen:

- **Erdwärmekollektoren:** Erdwärmekollektoren sind flache, oberflächennahe Erdwärmennutzungssysteme, die in Tiefen bis 5 m die Erdwärme nutzen. Für diese Technologie ergibt sich ein hoher Flächenbedarf.



- **Erdwärmesonden:** Eine Erdwärmesonde wird im Gegensatz zu den Erdwärmekollektoren in tiefere Erdschichten eingebracht. Diese kommen mit einem deutlich geringeren Platzbedarf aus. Für die Verlegung von Erdwärmesonden werden Erdbohrungen bis zu 100 Meter Tiefe durchgeführt. Bei solch tiefen Bohrungen kann neben der Wärmeenergie auch Energie zur Stromproduktion gewonnen werden. Erdwärmesonden sind weitaus effektiver als Erdwärmekollektoren. Dies hängt damit zusammen, dass die Temperatur mit zunehmender Bohrtiefe wärmer und konstanter wird. Ab 15 Meter liegt die Temperatur bei konstanten 10 °C. Danach steigt die Temperatur pro 30 Meter um 1 °C. Die Bohrtiefe und Anzahl der Erdwärmesonden hängt vom erforderlichen Wärmebedarf ab.



- **Grundwasser-Wärmepumpen:** Eine Grundwasser-Wärmepumpe benutzt die im Grundwasser enthaltene Wärme, um damit zu heizen. Da Grundwasser im Jahresverlauf eine konstant hohe Temperatur aufweist, ist es als Wärmequelle hervorragend geeignet. Die Tiefe der Bohrung richtet sich nach der Höhe des Grundwasserspiegels. Aus dem Förderbrunnen wird das Grundwasser nach oben gepumpt und durch Rohre zur Wärmepumpe geleitet. Das abgekühlte Wasser wird dann in einem zweiten Brunnen (Schluckbrunnen) wieder abgeleitet. Bei dieser Variante müssen Gewässerschutzrichtlinien eingehalten und eine Genehmigung beantragt werden. Auch hier ist die Möglichkeit gegeben im Sommer das Grundwasser zur Kühlung zu nutzen (LfU 2019).



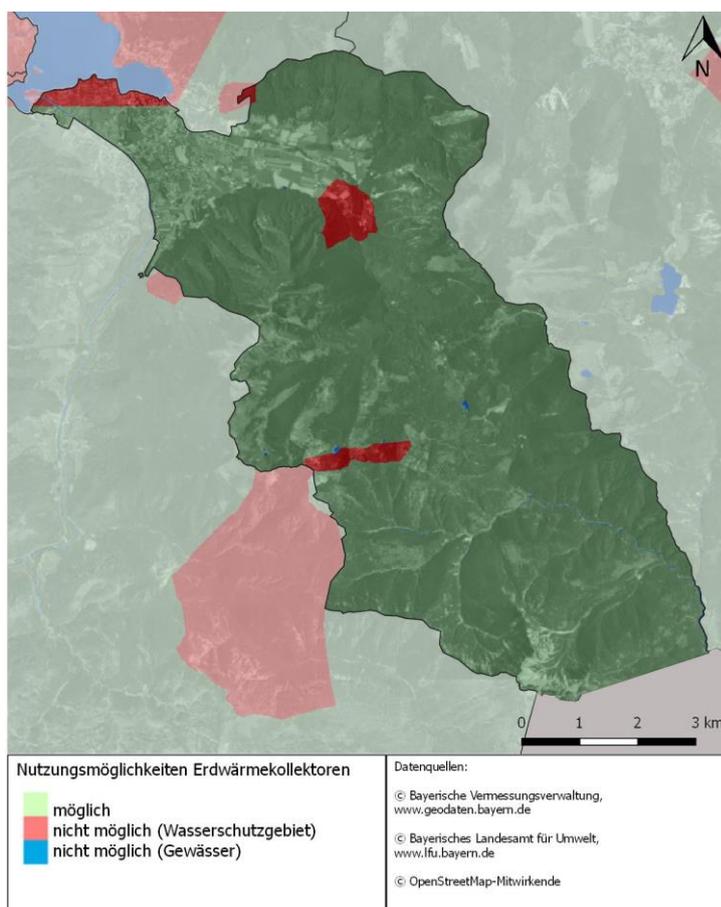
- **Luft-Wärmepumpe**

Diese Aggregate können der Umgebungsluft Wärme entziehen und Wärme für Heizung und Warmwasser zur Verfügung stellen. Im Vergleich zu oben angeführten Wärmequellen ist eine Luftwärmepumpe mit weniger Aufwand zu installieren. Der

Nachteil ist eine geringere Arbeitszahl gerade bei kalter Witterung. Ein monovalenter Betrieb ist daher nur bei Neubauten von ein Ein - oder Zweifamilienhäusern mit großen Heizflächen sinnvoll. Größere Gebäude vor allem mit Warmwasserbereitung sollten zusätzlich eine Heizquelle für höhere Vorlauftemperaturen oder zur hygienischen Warmwasserbereitung vorhalten.

Wo der Einsatz der dargestellten Erdwärmesysteme in Rottach-Egern möglich ist und in welchen Gebieten Einschränkungen existieren, wird in den folgenden Abschnitten im Detail dargestellt. Nutzungseinschränkungen ergeben sich vorwiegend aus wasserschutzrechtlichen Gründen. Beispielsweise ist in der Zone I bis III/IIIA von Wasserschutzgebieten der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden i.d.R. verboten. Vor Auftragsvergabe sind von Planern, Handwerksbetrieben oder Wärmepumpenherstellern die Gegebenheiten am Standort unbedingt zu prüfen. Für weiterführende Informationen sei insbesondere auf die Publikation „Oberflächennahe Geothermie“ (LfU 2013) verwiesen.

3.2.6.1 Potenziale für Erdwärmekollektoren



Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist im besiedelten Gemeindegebiet von Rottach-Egern mit Ausnahme des Heilquellenschutzgebietes und der Trinkwasserschutzgebiete möglich und durch keine gesetzlichen Einschränkungen betroffen (Abbildung 3-13). Dieses Potenzial steht also prinzipiell zur Verfügung. In Wasserschutzgebieten sind Bohrungen grundsätzlich nicht zulässig.

Abbildung 3-13: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Rottach-Egern.

FAZIT: Erdwärmekollektoren oder –körbe können bei Neubauten effizient eingesetzt werden, im Bestand ist der Aufwand für den Tiefbau in der Regel zu hoch.

3.2.6.2 Potenziale für Erdwärmesonden

Gegenüber Erdwärmekollektoren haben Erdwärmesonden den entscheidenden Vorteil, dass diese mehr oder weniger unabhängig von Witterungseinflüssen sind, die an der Erdoberfläche herrschen. Besonders im Neubaubereich mit geringem Wärmebedarf kann diese Technologie eine interessante Option zur Wärmebereitstellung darstellen.

Allerdings ist das Gemeindegebiet von Rottach-Egern nur eingeschränkt für deren Nutzung geeignet. Im Oktober 2016 verursachte eine Sondenbohrung große Schäden in der Lindenstrasse. Es wurde ein Hohlraum angebohrt, der mit Wasser gefüllt war. Um weitere derartige Schäden zu vermeiden wurde die Rahmenbedingungen für eine Genehmigung wesentlich eingeschränkt.

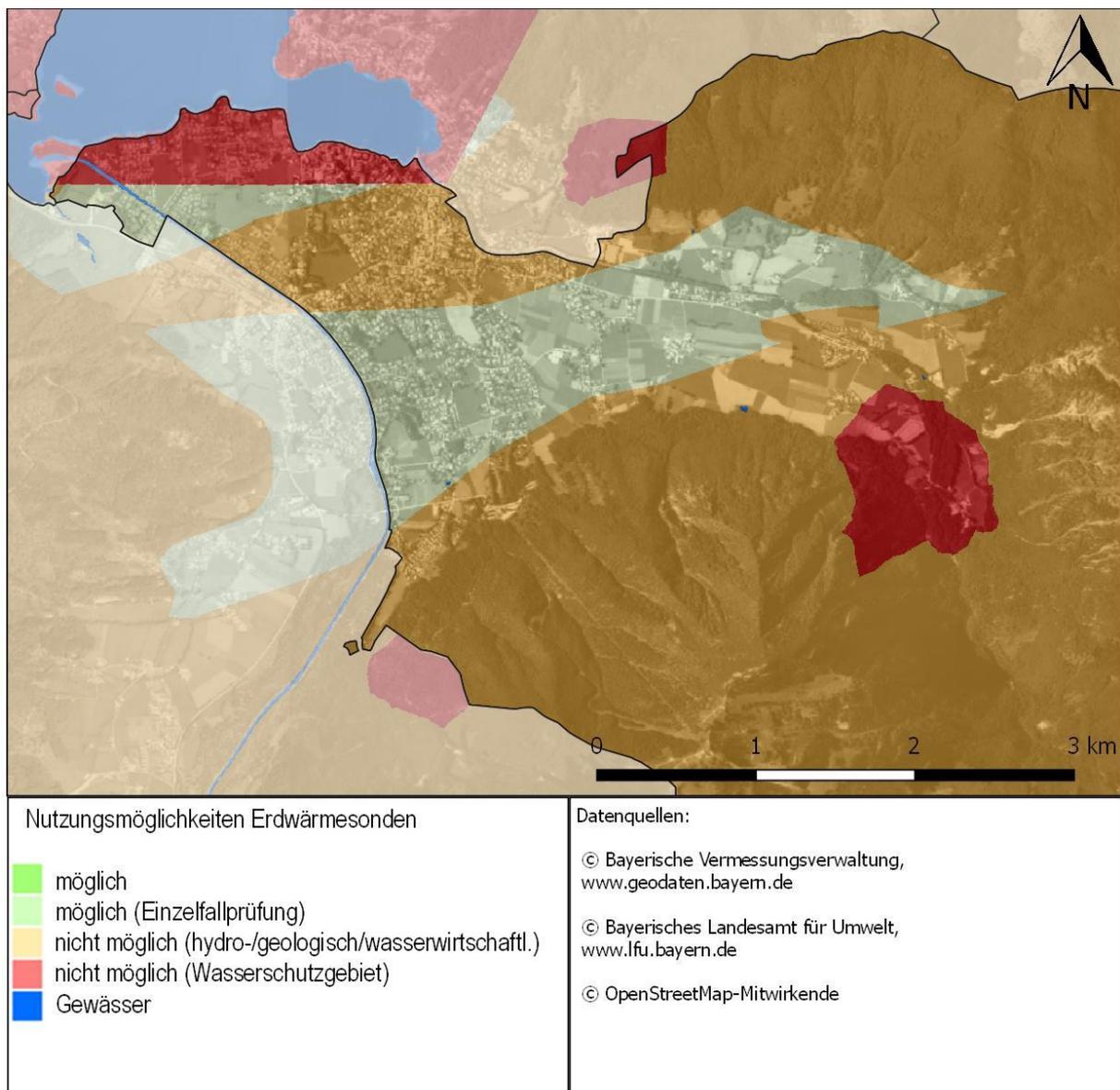


Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Rottach-Egern.

Wie Abbildung 3-14 zeigt, ist die Nutzung von Erdwärmesonden aufgrund (hydro-) geologischer oder wasserwirtschaftlicher Gründe in weiten Bereichen nicht möglich. Ebenso sind

die Wasserschutzgebiete von einer möglichen Nutzung ausgenommen. In den Gebieten mit potenziell möglicher Nutzung (u.a. Bereiche der Ortsteile Staudach, Rottach, Gasse und Sonnenmoos) sind Einzelfallprüfungen durch die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde durchzuführen.

FAZIT: Nach der missglückten Bohrung in der Lindenstrasse sind Sondenbohrungen in vielen Gemeindeteilen nicht mehr zulässig. Selbst in zugelassenen Gebieten findet sich in der Praxis derzeit keine Bohrfirma, die eine Sonde einbringen würde.

3.2.6.3 Potenziale für Grundwasserwärmepumpen

Die für Rottach-Egern aufbereiteten Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen sind in Abbildung 3-15 abgebildet.

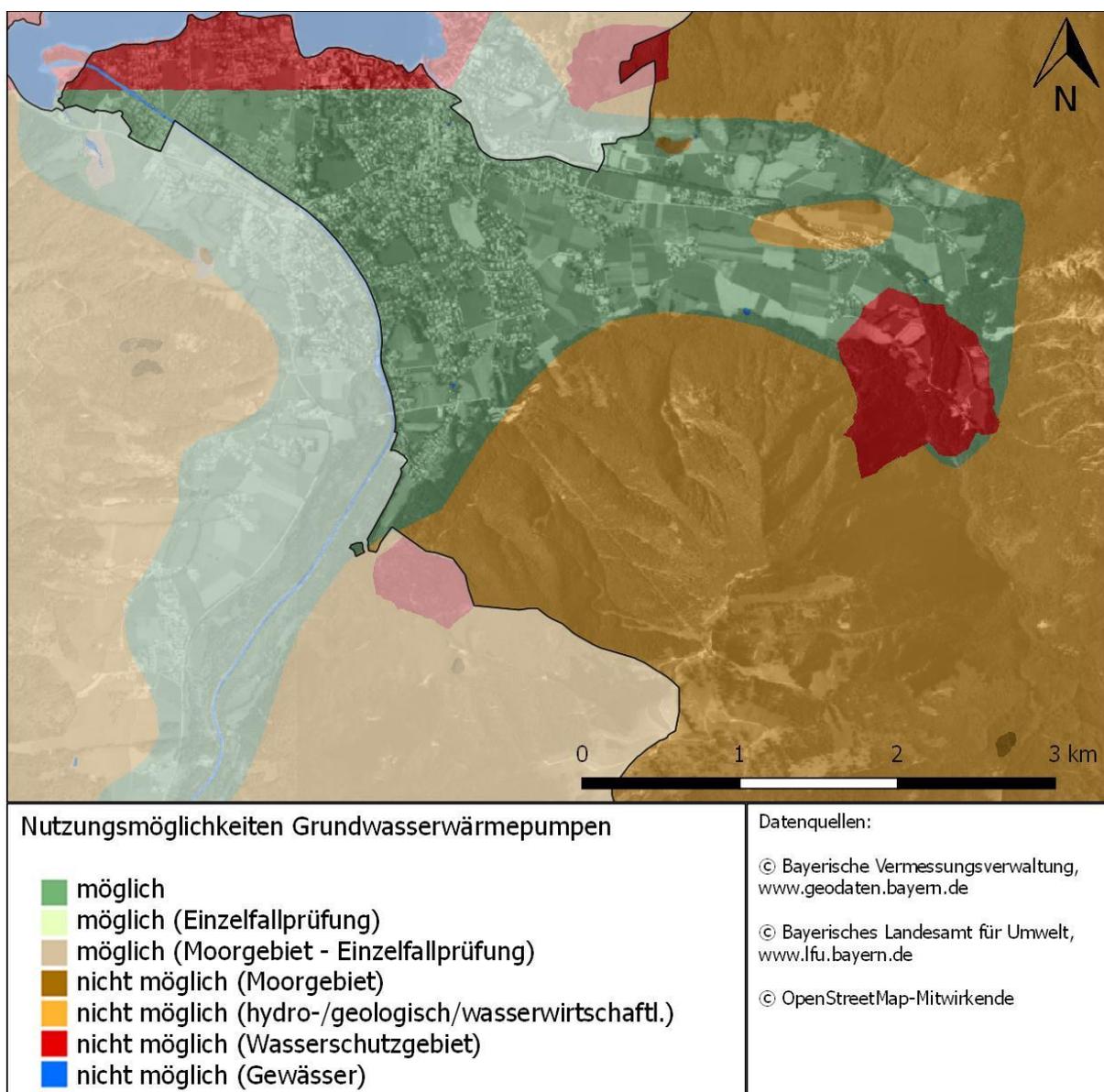


Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Rottach-Egern.

In einem Großteil des besiedelten Gebietes ist die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen durchaus möglich. Im nördlichen Teil der Gemeinde besteht der Untergrund aus quartären Flusschottern, also sandigem Kies welcher einen ergiebigen Grundwasserleiter darstellt. Ausschlussgebiete, in denen die Nutzung wasserschutzrechtlich bedingt oder aufgrund (hydro-) geologischer oder wasserwirtschaftlicher Gegebenheiten kritisch ist, sind in in Abbildung 3-15 farblich rot bzw. braun gekennzeichnet.

Unabhängig von den hier gemachten Nutzungsmöglichkeiten prüft im Einzelfall die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde die Zulässigkeit einer Anlage. Zudem muss beachtet werden, dass bedingt durch die geringen Grundwassertemperaturen die Effizienz von Grundwasserwärmepumpensystemen in Rottach-Egern i.d.R. geringer als im Bundesdurchschnitt ist. Hier muss zusätzlich bedacht werden, dass dem knapp 8 Grad kalten Grundwasser nochmal bis zu 5 Grad Wärme entzogen wird.

FAZIT: Bis auf den Uferbereich können Grundwasser-Wärmepumpen langfristig ein wirtschaftlich sinnvolles Potenzial für die regenerative Wärmeversorgung erschließen. Vor allem in Neubauten oder gut sanierten Gebäuden ist deren Einsatz zu empfehlen.

3.2.6.4 Gesamtpotenzial für oberflächennahe Geothermie bis 2035

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Nutzungsmöglichkeiten und Einschränkungen oberflächennaher Geothermie-Systeme explizit für die Gemeinde Rottach-Egern dargestellt.

Dabei hat sich gezeigt, dass insbesondere der Einsatz von Grundwasserwärmepumpen und Erdwärmesonden nicht überall uneingeschränkt einsetzbar ist. Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist dagegen in weiten Teilen des Gemeindegebietes möglich.

Um den Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen zu gewährleisten ist beim Einsatz von Wärmepumpen zudem zu beachten, dass der zum Betrieb notwendige Stromeinsatz aus erneuerbaren Quellen erfolgt.

Die Quantifizierung eines Gesamtpotenzials für oberflächennahe Geothermie gestaltet sich schwierig, da diese Energieform nach menschlichen Maßstäben im Boden nahezu unerschöpflich vorhanden ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zubaurate beim Neubau sowie sanierten Gebäuden erhöhen wird. Erdwärmesonden werden aufgrund des Schadensfalls im Oktober 2016 keine wesentliche Rolle mehr spielen. Hingegen bleiben als Wärmequellen Erdwärmekollektoren sowie das Grundwasser nach wie vor interessant um niedrige Vorlauftemperaturen wie i.d.R. es bei Neubauten oder sanierten Gebäuden der Fall ist, zu decken. In der Übersicht der Potenziale wird eine Fortschreibung des bisherigen Trends beim Zubau von Wärmepumpensystemen angenommen. Aus dieser mittleren Rate des Zubaus der Jahre 2008 - 2016 ergibt sich somit bis zum Jahr 2035 ein

realistisches Potenzial von etwa **7.182 MWh Wärme** zusätzlich aus oberflächennahen Geothermiesystemen.

3.2.6.5 Sonderformen der oberflächennahen Geothermie

Nachdem die klassische Erdwärmesonde aufgrund der Fehlbohrung in der Lindenstrasse in Rottach-Egern nicht einsetzbar ist, können Sonderformen als Wärmequellen für Sole/Wasser/Wärmepumpen dienen.

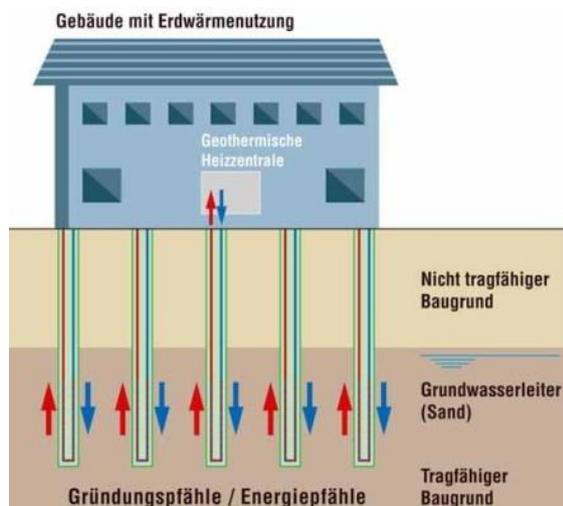
- **Wärmekörbe**



Für eine Wärmequelle auf engerem Raum könnten sogenannte Erdwärmekörbe sorgen. Dies sind vorgefertigte Wärmetauscher, die auf relativ kleiner Fläche dem Erdreich Wärme entziehen können.

Abbildung 3-16: Beispielsicht eines Erdwärmekorbs.

- **Energiepfähle**



Eine Technologie, die bei der Errichtung des Hotels Überfahrt bereits in Erwägung gezogen wurde, ist die thermische Nutzung von Pfahlgründungen. Zur Stabilisierung des Baukörpers mussten zahlreiche Betonpfähle vor Fertigstellung der Bodenplatte eingebracht werden. Je nach erforderlicher Wärmeleistung eines Gebäudes können Rohrleitungen vorab in die Armierung der Pfähle installiert werden (Baunetz Wissen o. J.). Aufgrund fehlender Referenzen wurde bei der Überfahrt schließlich darauf verzichtet.

Abbildung 3-17: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de).

In zukünftigen Neubauten wäre die Installation beim Bau des Gebäudefundaments möglich.

- **Stahlpundwände als Wärmequelle**

Das System basiert auf Stahlpundwänden, die in den Boden vibriert werden. Die Spundwände werden mit weltweit patentierten aufgeschweißten und druckgeprüften Wärmetauschern versehen, die die Oberflächenwärme der angrenzenden Böden respektive des Grundwassers und/oder Fließgewässers nutzen. Die gewonnene Wärme oder Kühlung

wird mittels Wärmepumpe in Kühl- oder Heizenergie umgewandelt. Damit können Nahwärmenetze und Kühlnetze gespeist werden. Gerade für den Heiz- und Kühlbetrieb von Hotels mit Decken- oder Fußbodenheizung könnte diese Technologie eingesetzt werden.

Das System kann in relativ kurzer Zeit installiert werden und ggf. komplett rückstandsfrei zurückgebaut werden. Es wird außerdem ausschließlich mit natürlichen Fluiden als Tauschmedium betrieben. Im Gegensatz zu Wärmesonden ist keine Entsorgung von Bohrgut und kein Einbetonieren der Sonde erforderlich.

Einsatzgebiete in Rottach-Egern könnten Ufer- oder Flussverbauungen, Seegrundstücke, sowie Gebiete mit Grundwasserabschottung sein.

3.2.6.6 Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Mittlerweile geläufig und gerade in modernen Neubauten werden Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden und Trinkwassererwärmung eingesetzt. Als Wärmequelle werden in der Regel Erdwärmesonden, das Grundwasser sowie die Umgebungsluft genutzt. Wenig beachtet wurde bisher die Wärme aus bestehenden Gewässern.

Im Hotel "Weißes Rössl" am Wolfgangsee wird diese Technologie bereits seit 1981 genutzt: In den Monaten April bis Dezember wird aus 1,5 m Wassertiefe, von Dezember bis April aus 30 m Wassertiefe verwendet. Der Bedarf an fossilen Energieträgern konnte damit um ca. 70 % gesenkt werden.

Gerade für Liegenschaften direkt am Tegernsee gäbe es zukünftig die Möglichkeit, Energiekosten zu senken. Selbstverständlich sind die Vorgaben zum Gewässerschutz zu berücksichtigen und das zuständige Wasserwirtschaftsamt Rosenheim ggf. frühzeitig einzubinden.

Potenzial für Rottach-Egern

Eine partielle Nutzung des Tegernsees zur Beheizung von Gebäuden würde eine Kühlung des Seewassers zur Folge haben. Eine spürbare Verringerung der Wassertemperatur ist jedoch aufgrund des großen Wasservolumens von 300 Millionen m³ sowie der Tiefe von 72 m nicht zu erwarten.

Um eine Vorstellung zu vermitteln, welche Potenziale in dieser Technologie stecken, wird überschlägig die Wärmemenge ermittelt, die eine Absenkung der Wassertemperatur um 1 K allein in der Egerner Bucht mit ihrer Wasseroberfläche von 0,4 km² bedeutet. Eine Temperaturdifferenz von einem Grad entspricht bei einem Wasservolumen von schätzungsweise 6 Mio m³ in der Egerner Bucht einem Energiegehalt von ca. 6,9 GWh. Dies entspricht einer Menge von ca. 700.000 m³ Erdgas.

Die maximalen Volumenströme, die Kontrolle der rückgespeisten Wassertemperatur sowie die Art der baulichen Maßnahmen sind ähnlich wie bei Nutzung der Wasserkraft mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Technische Möglichkeiten

Die gängigen Wärmequellen sind Grundwasser oder Erdsonden mit denen Heiz- als auch Warmwasser auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden. Die thermische Nutzung von Seewasser könnte jedoch auch als Wärmequelle für Wärmepumpen dienen.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Systeme möglich:

In einem offenen System ohne Zwischenkreislauf wird dem Gewässer tatsächlich Wasser entnommen, im Wärmepumpenkreis gekühlt und wieder zurückgeleitet. Der Vorteil liegt darin, dass der bauliche Eingriff relativ gering ist. Es werden lediglich zwei Rohrleitungen sowie eine geeignete Pumpe benötigt.

Bei der Auswahl der Soleflüssigkeit im Sekundärkreis ist zu berücksichtigen, dass diese ökologisch abbaubar und von hoher Qualität ist. Der Aufbau der Wärmepumpenanlage ist schematisch in Abbildung 3-18 dargestellt.

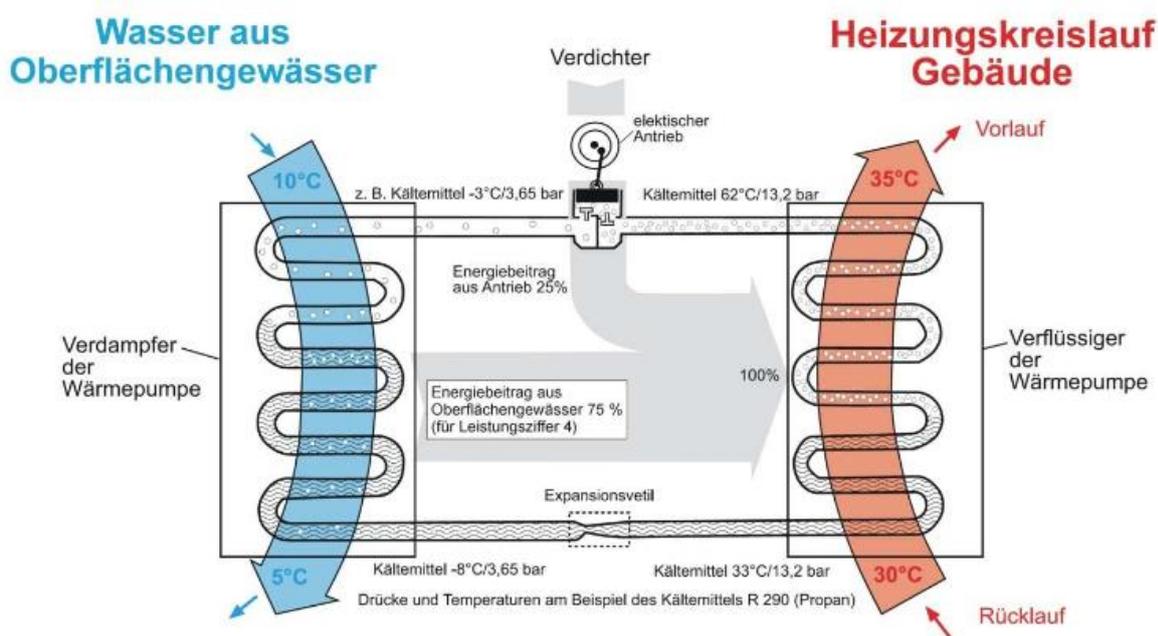


Abbildung 3-18: Schematischer Aufbau eines Wärmepumpenkreislaufs (Umweltministerium Baden-Württemberg 2009).

Die hygienischen Anforderungen für Warmwasser sind im DVGW-Arbeitsblatt W 551 geregelt. Demnach muss die Wassertemperatur in großen Warmwasserverteilungen zur Vermeidung von Legionellen auf 60° C gehalten werden oder zumindest einmal wöchentlich heiß durchspült werden. Dieser Vorgang ist durch Wärmepumpen nur mit erheblichem

Energieaufwand zu bewerkstelligen. Daher wird ein bivalenter Heizbetrieb empfohlen, wobei ein zusätzlicher Heizkessel oder ein BHKW die hohen Temperaturen zur Verfügung stellt.

Die Einsatzgrenzen werden von den jeweiligen Herstellern der Wärmepumpen festgelegt. In der Regel ist Seewasser als Wärmequelle bis ca. 5 °C nutzbar. Darunter ist zu befürchten, dass der Verdampfer der Wärmepumpe vereisen könnte. In dem Beispiel der Abbildung 3-18 wird Seewasser von 10 °C auf 5 °C abgekühlt. Es liegt also eine Temperaturspannung von 5 K vor.

Aus genehmigungsrechtlichen Gründen sowie zur höheren Betriebssicherheit kann ein Zwischenkreislauf vorgesehen werden. Der zusätzliche Wärmetauscher ist in Abbildung 3-19 zu sehen.

Für den Zwischenkreislauf kommt in der Regel ein Wasser-Glykol-Gemisch zum Einsatz, das ähnlich auch in thermischen Solaranlagen verwendet wird. Damit ist eine höhere Betriebssicherheit gegeben, da das Glykolgemisch nicht vereisen und somit den Verdampfer der Wärmepumpe nicht schädigen kann. Zusätzlich können so Verunreinigungen durch das Kältemittel vermieden werden. Aus ökologischen Gründen ist dieses System mit einem Zwischenkreislauf zu empfehlen. Nachteilig wirkt sich der zusätzliche Kreislauf leider auf die Effizienz der Gesamtanlage aus. Dennoch könnte dieses System eine langfristig Lösung zur Vermeidung zusätzlicher Treibhausgase darstellen.

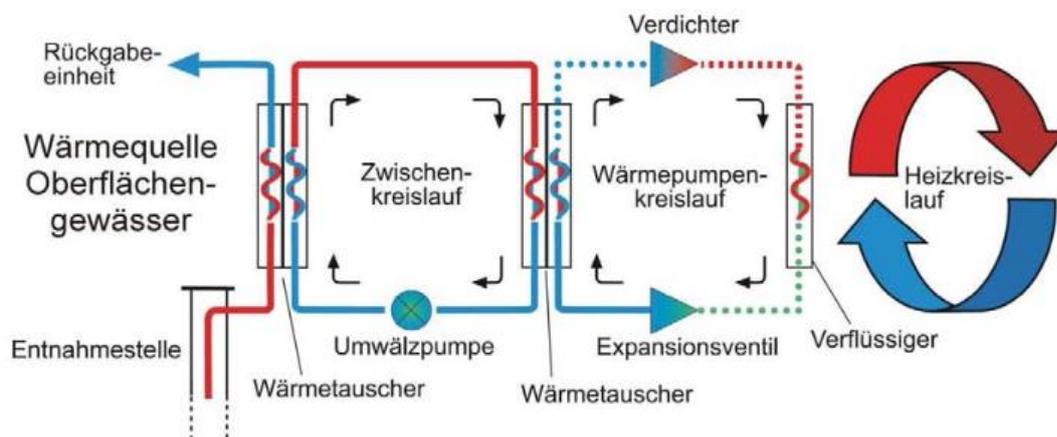


Abbildung 3-19: Schematischer Aufbau eines Wärmepumpenzwischenkreislaufs (Umweltministerium Baden-Württemberg 2009).

Theoretisch könnte das Seewasser auch zu Kühlzwecken verwendet werden. Hier wird zwischen einer passiven und aktiven Kühlung zu unterschieden. Bei der aktiven Kühlung wird die Funktionsweise der Wärmepumpe im Vergleich zum Heizen genau umgekehrt. D.h. der Verdampfer und der Kondensator werden vorübergehend vertauscht.

Wenn es die Temperaturen des Oberflächengewässers zulassen, kann auch eine rein passive Kühlung angewendet werden. Bei der passiven Kühlung wird die Wärmepumpe nicht benötigt, ein Wärmetauscher kühlt direkt den Sekundärkreis. Die Folge der Verwendung von Seewasser zur Gebäudekühlung wäre eine geringfügige Erwärmung des Sees. Da jedoch infolge des Klimawandels die Wassertemperatur des Tegernsees langfristig steigen könnte, ist von einer Kühlwassernutzung abzuraten. Dessen Auswirkungen für die Biologie des Gewässers sind nicht abschätzbar.

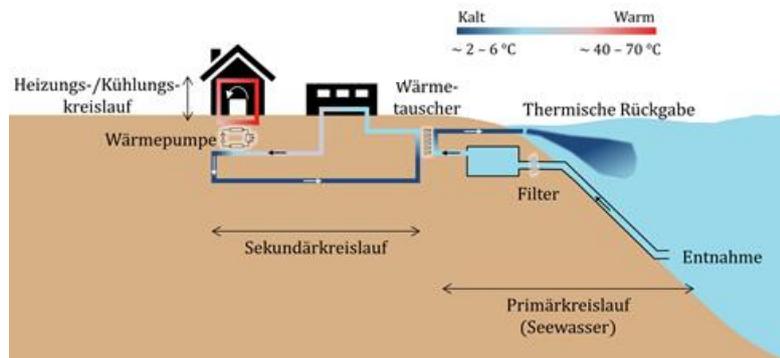


Abbildung 3-20: Das Prinzip der Seewärmenutzung (Gaudard, A.; Bryner 2018).

Ein genehmigungsrechtlicher Vorteil des geschlossenen Systems ist, dass keine Benutzung im Sinne von §9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vorliegt, d.h. es wird kein Wasser aus dem Gewässer direkt entnommen, da der Wärmeaustausch im Gewässer stattfindet. Somit wäre die Erteilung einer Genehmigung einfacher zu erreichen.

Rechtliche Grundlagen nach denen derartige Projekte geprüft werden müssen, sind die europäische Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000 sowie das daraus folgende Wasserhaushaltsgesetz aus dem Jahr 2002. Beide haben zum Ziel, eine Verschlechterung der Gewässerqualität zu verhindern. Bei der Umsetzung derartiger Projekte ist das Wasserwirtschaftsamt Rosenheim frühzeitig mit einzubeziehen.

FAZIT: Unter Anbetracht des hohen Wärmebedarfs der Seeanlieger, des großen Wasservolumens des Tegernsees sowie der im Rahmen des Klimawandels zu erwartenden Erwärmung des Seewassers, sollte die Nutzungsmöglichkeit zur Wärmeerzeugung perspektivisch mit den zuständigen Behörden geprüft werden.

3.2.7 Tiefengeothermie

Die Erschließung und Nutzung von Geothermievorkommen in Tiefen zwischen 400 und 5.000 Metern in Oberbayern ist schon seit einigen Jahren im Aufbruch begriffen, wie die Erschließungsaktivitäten in Geretsried, Icking, Holzkirchen oder Weilheim zeigen. All diese

Projekte liegen in einer hydrogeologischen Zone des Malm Aquifers, wo ausreichende Entnahmemengen für eine hydrothermale Wärme- oder Stromerzeugung realisiert werden können.

Im Gemeindegebiet von Rottach-Egern herrschen dagegen keine günstigen geologischen Verhältnisse zur Erschließung von Tiefenerdwärme, wie Abbildung 3-21 zeigt. Rottach-Egern liegt im Bereich der alpinen Decken. Günstige Verhältnisse für Tiefengeothermie ergeben sich erst nördlich des Nordrandes der Faltenmolasse, welche wiederum nördlich der alpinen Decken liegt. Infolge dessen ergibt sich nach derzeitigem Wissenstand kein Potenzial für Tiefengeothermie in Rottach-Egern.

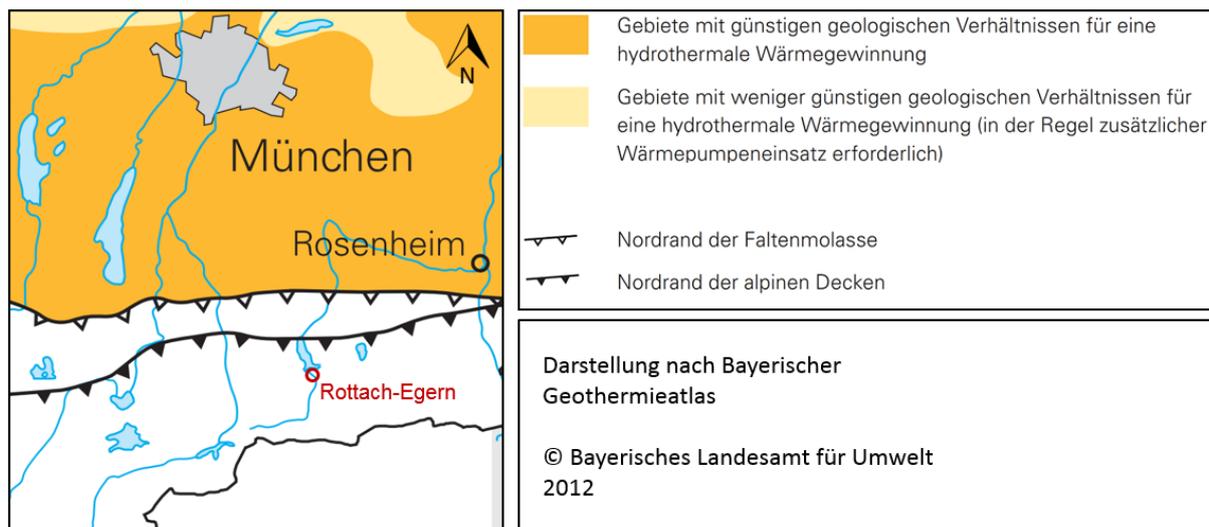


Abbildung 3-21: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung.

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial vorhanden.

3.3 Abwärmepotenziale

Die Vorteile der Abwärmenutzung liegen in der Reduzierung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Reduzierung der Schadstoffemissionen. Dies führt zu geringeren Betriebskosten bzw. zu geringeren Investitionskosten der Wärmeerzeugungsanlage.

Zur Ermittlung möglicher Abwärmepotenziale im Stadtgebiet wurde die Abwärme-Informationsbörse im Energieatlas Bayern (StMWi 2017a) herangezogen. Ziel dieser Informationsplattform ist es, Anbieter und Nutzer von Abwärme zusammenzubringen. Hier können über ein Online-Formular Einträge von Abwärmequellen oder -senken vorgenommen werden, welche dann in die Karte des Energie-Atlas Bayern aufgenommen werden. Insbesondere interessant ist dies dann, wenn die Entstehung von Abwärme unvermeidbar ist und auch keine Möglichkeit für eine betriebsinterne Nutzung existiert.

In Rottach-Egern ist derzeit keine Abwärmequelle gemeldet.

Ob ein einzelner Betrieb über ein sinnvoll nutzbares Abwärmepotenzial verfügt kann mit Hilfe des Abwärmerechners des LfU ermittelt werden:

<https://www.umweltpakt.bayern.de/abwaermerechner/index.php>. Der Rechner beurteilt ebenso, ob die Abwärme zur Gewinnung von Strom oder Kälte genutzt werden kann und ob die Nutzung wirtschaftlich lohnend ist.

Informationen zu Förderprogrammen u.a. auch zur Abwärmenutzung in Betrieben sind in Kapitel 6.6 zusammengefasst.



*Auch aus Abwasser kann Wärme gewonnen werden. Voraussetzungen dafür sind eine **Abwassermenge von mind. 5000 Personen**, ausreichend große Wärmeabnehmer mit mind. **150 kW Heizlast**, der Einsatz von **Flächenheizungen** mit Vorlauftemperaturen mit **max. 30 °C**, sowie kurze Entfernungen der Wärmeabnehmer zur Kanalisation (**max. 300 m**) (LfU, 2015).*

FAZIT: Im Ort selbst ist dieses Potenzial nicht wirtschaftlich erschließbar. Im Sammelkanal auf dem Weg zur Kläranlage in Gmund sollte diese Technologie geprüft werden.

3.4 E-Mobilität

Elektrofahrzeuge sind eine Möglichkeit erneuerbare Energien im Straßenverkehr effizient zu nutzen. So kann die Batterie dieser Fahrzeuge mit erneuerbarem Strom aus PV, Wasserkraft, Biomasse oder Windkraft aufgeladen werden.

Sinkende Preise, Fahrspaß sowie die Möglichkeit feinstaub- und stickoxidneutral mobil zu sein, sind darüber hinaus Gründe, warum E-Autos immer häufiger den Vorzug zu klassischen Verbrennungsmotoren erhalten. Mit den Reichweiten der neuen E-Auto-Generation um die 300 km hat sich darüber hinaus die Alltagstauglichkeit im Vergleich zu vor wenigen Jahren deutlich verbessert. Insbesondere bietet sich der Einsatz von Elektromobilität für betriebliche Fuhrparks mit vielen kurzen Fahrten und langen Standzeiten an, wie es z.B. häufig in Handwerksbetrieben der Fall ist. Eine Übergangsalternative stellen sogenannten Plug-In-Hybride dar. Diese verfügen neben dem Elektroantrieb – dessen Batterie üblicherweise eine Reichweite zwischen 20 und 80 Kilometer aufweist – auch über einen Verbrennungsmotor. So können alltägliche Fahrten mit geringeren Emissionen mit dem Elektroantrieb zurückgelegt werden. Bei längeren Fahrten – etwa in den Urlaub – springt dann der Verbrennungsmotor an.

Grundvoraussetzung dafür, dass Elektromobilität einen Beitrag zum Klimaschutz leistet, ist eine regenerative Erzeugung des „getankten“ Stroms. Ansonsten stellt sich die Klimabilanz von E-Autos schlechter als bei üblichen Verbrennungsmotoren dar. Im Idealfall werden erneuerbare Energieerzeugung vor Ort und E-Mobilität gemeinsam gedacht. Insgesamt ist

der Anteil an erneuerbaren Energien am deutschen Bruttostromverbrauch mit 31,7 % jedoch noch zu gering, damit das Tanken aus der Steckdose einen tatsächlichen Klimaschutzbeitrag gegenüber üblichen Verbrennungsmotoren leisten kann. Sofern der für ein E-Auto benötigte Strom also nicht selbst erzeugt werden kann, sollte zumindest umweltfreundlicher Ökostrom aus erneuerbaren Energiequellen bezogen werden.



Abbildung 3-22: Die Verknüpfung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne und E-Mobilität kann zukünftig einen Beitrag leisten, um die verkehrsbedingten Emissionen in der Region zu senken.

4 Konzeptentwicklung

Die Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse bilden die Grundlage für die folgende Konzeptentwicklung. Zudem fließen vor-Ort-Informationen von der Gemeindeverwaltung, dem Gemeinderat, dem Handwerk sowie der Bürgerschaft in die Konzeptentwicklung mit ein.

4.1 Handlungsbedarf und Handlungsoptionen

Für die Gemeinde Rottach-Egern wurde der Handlungsbedarf und die wesentlichen Handlungsoptionen zunächst unter Berücksichtigung der aktuellen Bedarfssituation und den vorhandenen Energiepotenzialen identifiziert.

4.1.1 Strom

Die Ausgangslage im Strombereich ist in Rottach-Egern wie folgt: In der Jahresbilanz werden aktuell 1,3 % des Gesamtnetzabsatzes durch erneuerbare Energieanlagen im Gemeindegebiet erzeugt. Der verbleibende Anteil von 98,7 % wird durch Netzbezug und fossil erzeugten Strom durch BHKWs gedeckt (Abbildung 4-1).



Abbildung 4-1: Anteil des in Rottach-Egern erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstrombezug und der fossilen Stromerzeugung.

Insgesamt liegt das weitere Potenzial in Rottach-Egern für erneuerbare Energien im Sektor Strom bei **12.516 MWh**. Dabei ergeben sich für den Ausbau im Strombereich anhand der ermittelten Energiepotenziale für die verschiedenen Energieträger prinzipiell folgende Handlungsoptionen:

PV-Dach: Erhebliches Potenzial besteht für den weiteren Ausbau von PV-Anlagen auf Dachflächen. Bei der vorliegenden Potenzialausweisung wird berücksichtigt, dass vorrangig Solarthermie zur Brauchwarmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung auf den

für Solarenergie geeigneten Dachflächen genutzt wird und sich somit die potenziell nutzbare Fläche für Photovoltaik reduziert. Unter Annahme einer vollständigen Erschließung von 50 % aller für PV geeigneten Dachflächen kann der erneuerbare Anteil beim Strom um **11.895 MWh/a** erhöht werden. Für Rottach-Egern bietet diese Technologie folglich das größte Ausbaupotenzial. Eine bedarfsorientierte Anlagendimensionierung, wie es i.d.R. wirtschaftlich geboten ist, steht der vollen Ausschöpfung dieses Potenzials allerdings entgegen.

PV-Freifläche: Es wurde keine Fläche die nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG 2017) als PV-Freiflächen in Frage kommen würde ermittelt.

Biogas: Theoretisch besteht bei einer vollständigen Nutzung der in Rottach-Egern anfallenden Gülle- und Festmistmengen ein Erzeugungspotenzial für ca. **621 MWh_{el.}/a**. In der Praxis besteht im Gemeindegebiet keinerlei Möglichkeit, diese Technologie einzusetzen.

Wind: Nach derzeitigen technologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen existiert kein geeigneter Standort für Windenergie in Rottach-Egern.

Wasser: Es wurden keine Ausbaupotenziale für Wasserkraft auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern ermittelt.

BHKW: Eine Verdoppelung der derzeitigen Energieerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung wäre mit marktüblichen Technologien realisierbar. Damit könnten zusätzliche **8.000 MWh/a** Strom erzeugt werden. In Kapitel 4.1.3.4 wird das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung in Rottach-Egern genauer erläutert.

Mit Bezug auf den aktuellen Stromverbrauch in Rottach-Egern verdeutlicht Abbildung 4-2, dass innerhalb des Gemeindegebiets nicht genügend Potenziale vorhanden sind, um eine vollständige Deckung des derzeitigen Netzabsatzes durch erneuerbare Energien zu erreichen ist. Selbst unter Hinzuzählung der Stromerzeugung aus den meist erdgasbetriebenen BHKWs ist eine Deckung des derzeitigen Stromverbrauchs nicht zu erzielen. Eine deutliche Reduzierung des Strombedarfs und eine Steigerung der Energieeffizienz sind, wie durch das Szenario abgebildet, demnach unbedingt anzustreben. Das in Abbildung 4-2 dargestellte Szenario ist Ergebnis des zweiten Akteursworkshops. Das Szenarion E-Mobilität geht davon aus, dass im Jahr 2035 25 % aller gemeldeten PKWs Elektrofahrzeuge sind. Das größte Ausbaupotenzial zur regenerativen Stromerzeugung steckt in der Nutzung der Solarenergie. Einer der Schwerpunkte bei der Maßnahmenentwicklung zum Energienutzungsplan Rottach-Egern liegt folglich auf der Steigerung der Energieeffizienz und der Errichtung von PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften.

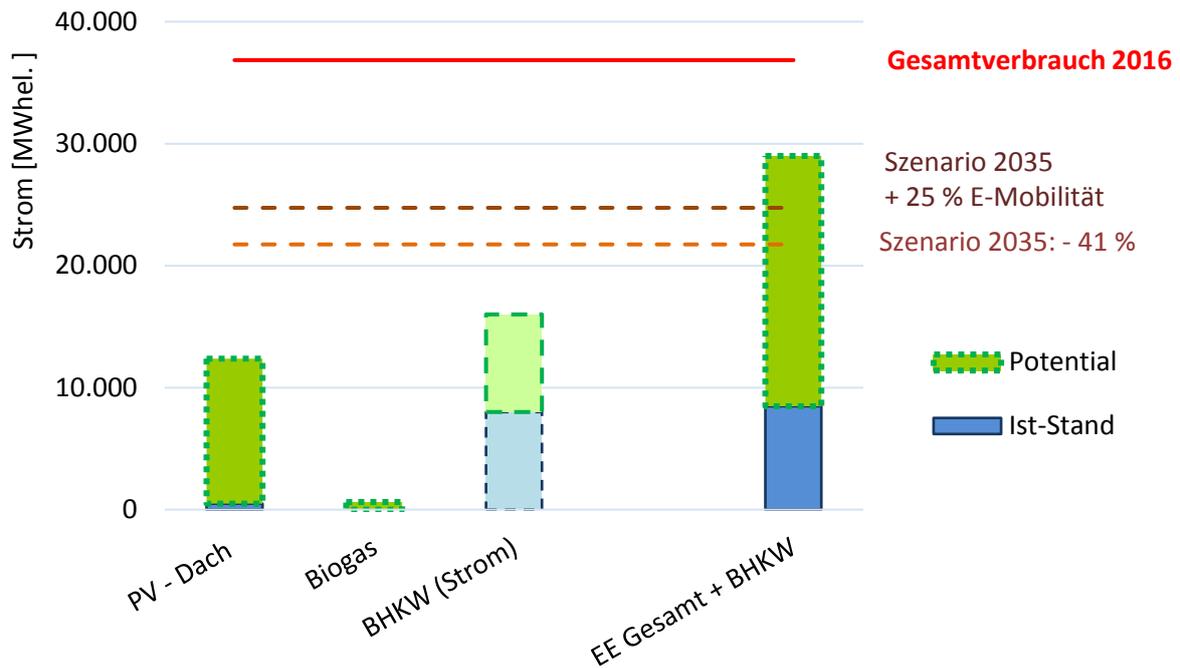


Abbildung 4-2: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Rottach-Egern.

4.1.2 Wärme

Auch im Bereich Wärme ist der fossile Anteil hoch: 93,3 % des Wärmebedarfs werden durch Heizöl, Erdgas oder durch lokale fossile Erzeugung durch BHKWs produziert. Die restlichen 6,7 % können durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden (Abbildung 4-3).

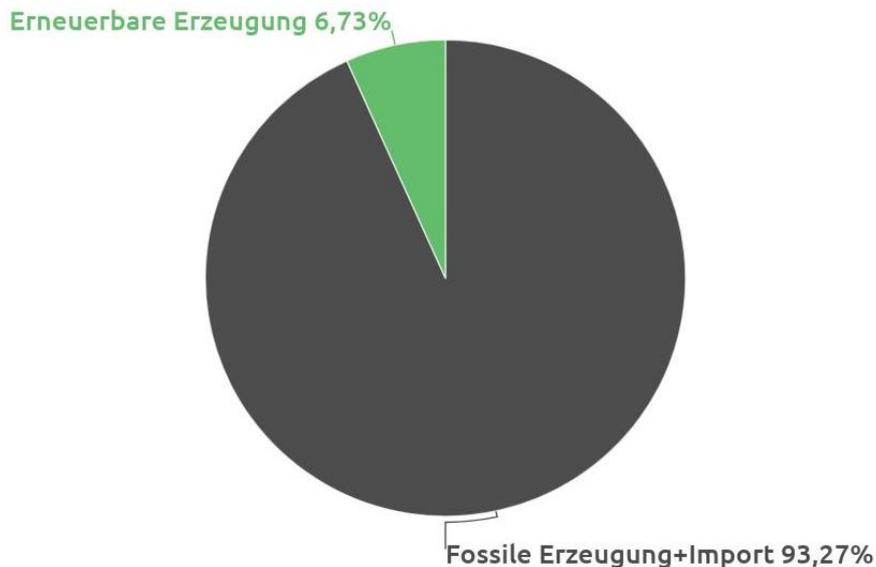


Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2016 in Rottach-Egern.

In Rottach-Egern wird mehr als doppelt so viel Endenergie in Form von Wärme benötigt wie für Strom. Fortschritte im Wärmesektor spielen daher eine Schlüsselrolle für den Erfolg der lokalen Energiewende. Der Blick auf die zusammenfassenden erneuerbaren Energiepotenziale zeigt (Abbildung 4-4), dass in Rottach-Egern verschiedene Handlungsoptionen zum Ausbau des erneuerbaren Wärmeanteils existieren. Insgesamt ist ein zusätzliches Potenzial von mindestens **38.895 MWh** zur Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energieträger vorhanden.

Solarthermie: Prinzipiell ein sehr großes Ausbaupotenzial besteht in Rottach-Egern für Solarthermie. Zwar stehen mit der Dachlandschaft in Rottach-Egern genug geeignete Dachflächen zu Verfügung, um etwa **19.613 MWh/a** Wärme zusätzlich durch Solarthermie-Anlagen bereitzustellen, davon wirtschaftlich darstellbar ist jedoch nur ein Bruchteil. Für eine Realisierung dieses Potenzials ist die unabhängige Initiative sehr vieler Akteure notwendig. Insgesamt kann derzeit kein entscheidender Trend beim Zubau von Solarthermieanlagen verzeichnet werden.

Energieholz: Der erschließbare Waldanteil auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern ist im Vergleich zu anderen Kommunen der Region eher gering. Aufgrund des Waldreichtums der gesamten Region ergeben sich insgesamt trotzdem nennenswerte Energieholzpotenziale für den Energieträger Holz. Werden allein die Privatwaldflächen auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern betrachtet, können durch den nachhaltigen Einsatz von Hackschnitzeln, Scheitholz und Pellets zusätzlich **1.400 MWh/a** Wärme gewonnen werden. Mittlerweile besteht in der gesamten Region eine gute logistische Versorgung mit Hackschnitzeln unterschiedlicher Qualitäten, so dass relativ hochwertige Ware ganzjährig zur Verfügung steht. Die besten Chancen zur Nutzung dieses Potenzials stellen größere Wärmeinseln in Gemeindebereichen mit hohem Wärmebedarf dar.

Oberflächennahe Geothermie: Für die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesysteme ist es aufgrund der jeweiligen Standortbedingungen schwierig, ein quantitatives Potenzial auszuweisen. Es ist in jedem Fall eine Einzelfallprüfung notwendig. Vor allem Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen könnten in Rottach-Egern im Neubaubereich bzw. zur Deckung von Heizwärmebedarf mit relativ niedrigem benötigtem Temperaturniveau (z.B. Fußbodenheizung) noch vorhandenes Potenzial bieten. Mittels Fortschreibung der Ausbaurate der letzten 10 Jahre bis zum Jahr 2035 kann mit etwa zusätzlich **7.182 MWh/a** Wärmebereitstellung durch oberflächennahe Geothermie gerechnet werden.

Tiefengeothermie: Die hydrogeothermalen Eigenschaften im Raum Rottach-Egern lassen keine Nutzung von Erdwärme aus tiefen Erdschichten (400 – 5.000 m) zu.

Seewärme: Durch die Nutzung der im Wasser der Egerner Bucht vorhandenen Wärme könnten **9.300 MWh/a** gewonnen werden.

BHKW: Eine Verdoppelung der derzeitigen Energieerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung würde **16.000 MWh/a Wärme** erzeugen. In Kapitel 4.1.3.4 wird das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung in Rottach-Egern genauer erläutert.

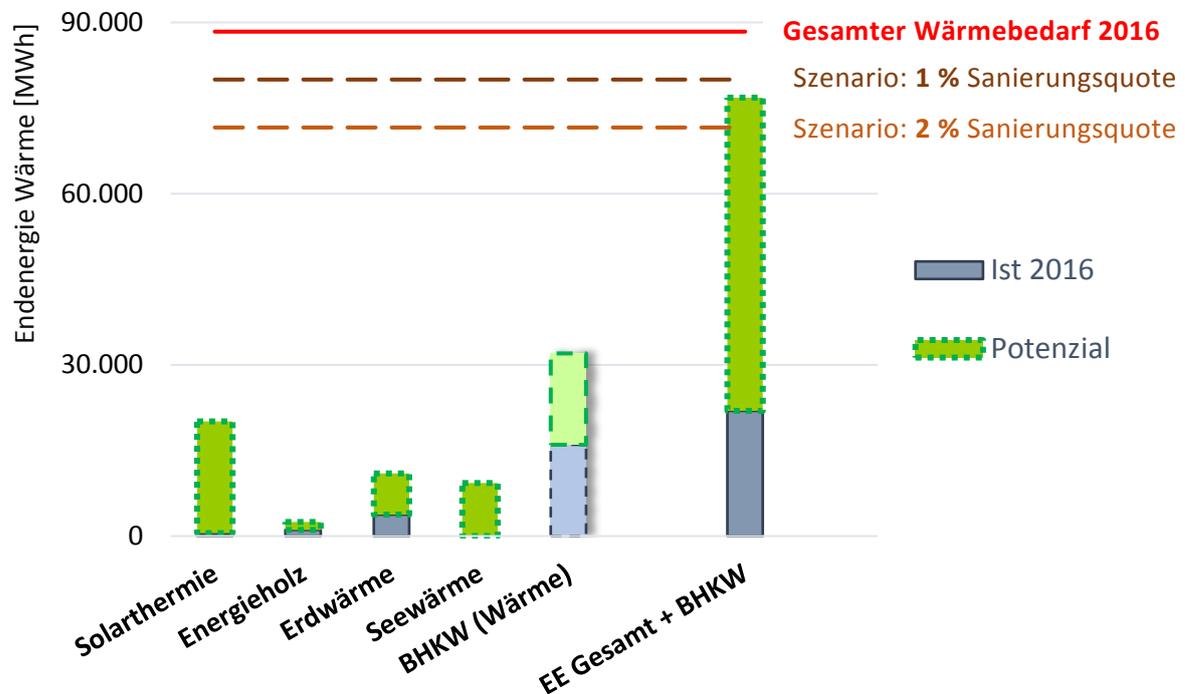


Abbildung 4-4: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Rottach-Egern.

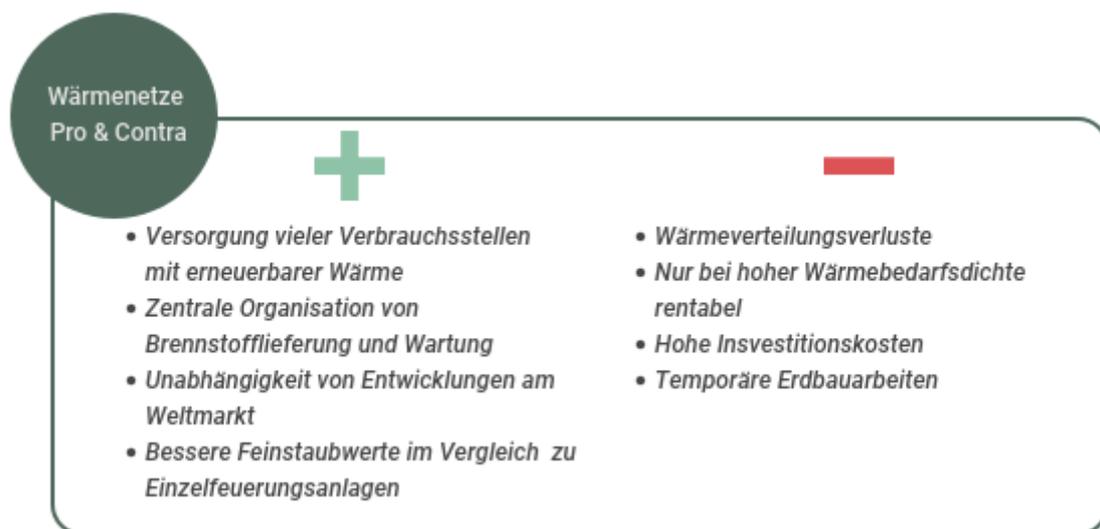
Eine Steigerung der regenerativen Wärmeerzeugung ist definitiv möglich. Eine bilanzielle Deckung des Wärmebedarfs allein durch erneuerbare Energien aus dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern ist jedoch auch durch eine erhebliche Reduktion des Wärmebedarfs nicht vollständig realisierbar. Durch den zusätzlichen Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (vgl. Kapitel 4.1.3.4) könnte der Wärmebedarf des Szenarios einer Sanierungsquote von 2 % erreicht werden (Abbildung 4-4). Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs gewinnen damit an zentraler Bedeutung. Eine äußerst effektive Maßnahme ist beispielsweise im Kapitel 5.3.1 „Energiekarawane“ beschrieben.

4.1.2.1 Wärmenetze als zentraler Baustein der Energiewende

Aus Sicht der Energiewende sind Wärmeverbundsysteme eine Chance viele Verbrauchsstellen mittels erneuerbarer Energien zu versorgen. Die Realisierung eines Wärmenetzes auf Basis von Holz, welches in der gesamten Region in ausreichenden Mengen vorhanden ist, ist somit stets ein deutlicher Beitrag zum Klimaschutz sowie zum Erreichen der gesetzten Klimaziele. Die Brennstofflieferung und Wartung sind zentral organisiert, sodass ein sehr effizienter Betrieb gewährleistet werden kann. Die geltenden Immissionsschutzgrenzwerte können dank neuester Technologien durch eine zentrale Wärmeversorgung deutlich

unterschritten werden und liegen oftmals unterhalb der Staubimmissionen, welche durch holzbefeuerte Einzelfeuerungsanlagen generiert werden.

Doch trotz der genannten Vorteile ist die Identifizierung potenziell geeigneter Versorgungsgebiete komplex. Ein entscheidendes Kriterium für eine Gebietsauswahl ist die sogenannte Wärmebedarfsdichte, die den aufsummierten absoluten Wärmebedarf der Gebäude innerhalb einer Fläche beschreibt. Die Wärmebelegungs-dichte wiederum ist definiert als die Wärmemenge, die jährlich pro Meter auf einer Wärmetrasse voraussichtlich abgenommen wird. Dabei gelten 1,5 MWh pro Trassenmeter und Jahr als Anhaltswert, ab dem die Errichtung eines Wärmenetzes in Anbetracht der relativ hohen Investitionskosten in Frage kommt (StMWi 2017b). Je höher die Wärmebelegungs-dichte ist, desto geringer sind die Wärme-gestehungs- und -lieferungskosten pro MWh und umso eher ist eine Wettbewerbsfähigkeit gegeben.



Die jeweiligen Rahmenbedingungen einschließlich der Voraussetzungen zur Erschließung von Nahwärmenetzen sind ausführlich im Maßnahmenteil des Energienutzungsplanes Rottach-Egern erläutert.

4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien

Anhand der dargestellten Energiepotenziale und eines Akteursworkshops, welcher im Oktober 2019 stattgefunden hat, wurden die möglichen Szenarien für die Wärme und Stromversorgung in Rottach-Egern erarbeitet. Diese Zukunftsszenarien haben nicht den Anspruch eine Prognose abzugeben, sondern sie stellen - unter Berücksichtigung der auf dem Gemeindegebiet von Rottach-Egern verfügbaren Potenziale - mögliche Entwicklungen dar.

4.1.3.1 Strom

Der Netzabsatz hat in den vergangenen Jahren in Rottach-Egern, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, abgenommen. Lässt man in diesem Zusammenhang die E-Mobilität unberücksichtigt und geht von einer in Zukunft höheren Energieeffizienz aus, so könnte ein weiterer Rückgang des Stromverbrauchs eintreten. Zusammen mit den im Akteursworkshop realistisch betrachteten Ausbaupotenzialen regionaler Energieerzeugung ergibt sich das in Abbildung 4-5 dargestellte Szenario. Demnach kann der Strombedarf um 41 % reduziert werden. Bei einem angenommenen Strombedarf von 22.000 MWh im Jahr 2035 und einem Ausbau der Photovoltaik würde der Anteil der erneuerbaren Energien von heute 1,2 % auf 31 % ansteigen.

Allerdings wird der Ausbau der E-Mobilität den Trend abnehmender Netzabsatzmengen in Rottach-Egern mit großer Wahrscheinlichkeit dämpfen. Angenommen es fahren zukünftig 25 % der derzeit gemeldeten PKWs (3.960) in Rottach-Egern elektrisch, würde dies einem zusätzlich benötigten Netzabsatz von 3.000 MWh/a entsprechen. Zudem ist, wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben, von einem Bevölkerungszuwachs auszugehen, welcher Steigerungen in der Energieeffizienz in den kommenden Jahren weitestgehend neutralisiert. So erscheint ein etwa gleichbleibender Stromverbrauch realistisch.

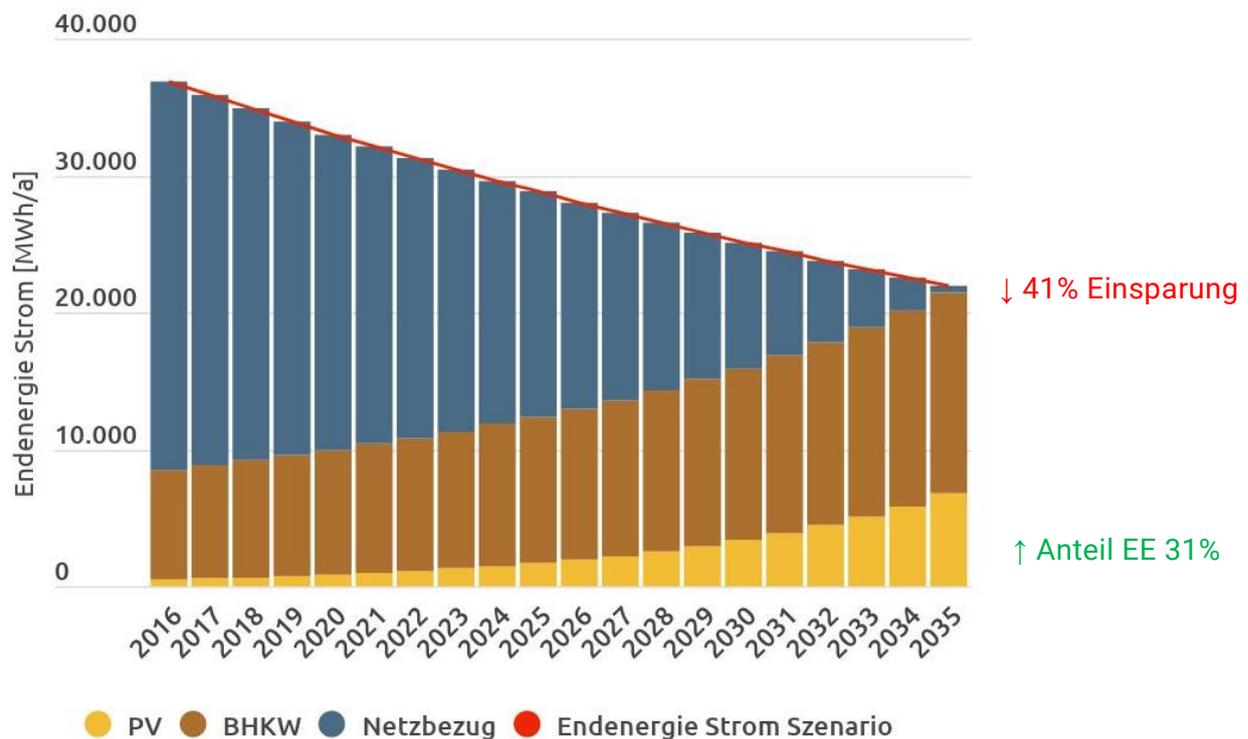


Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Rottach-Egern.

Ziel soll es sein, die vorhandenen Potenziale der erneuerbaren Energieträger zu nutzen und weiter auszubauen. In Anbetracht der schnellen Amortisierungsdauer und den immer

weiter sinkenden Investitionskosten für PV-Module wäre eine Ausschöpfung des Potenzials für PV-Aufdach-Anlagen in Rottach-Egern bis 2035 umsetzbar. Die Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung in Rottach-Egern werden in Kapitel 4.1.3.4 erläutert.

4.1.3.2 Wärme

Auch beim Wärmebedarf wird von einer stückweisen Reduzierung ausgegangen, welcher durch energetische Sanierung und eine hohe Wärmeeffizienz im Neubau erreicht wird. Der Gebäudewärmeverbrauch könnte somit nach dem im Akteursworkshop erarbeiteten Szenario im Jahr 2035 in Rottach-Egern bei 73.000 MWh liegen. Dies entspricht einer Einsparung um 17 %. Gemäß dem Szenario könnte der Anteil der regenerativen Energieträger zur Wärmebereitstellung zu 23 % beitragen (heute: 6,7 %). Abbildung 4-6 zeigt einen zukünftigen Entwicklungspfad der Wärmeversorgung in Rottach-Egern, bei dem die nach derzeitiger Umsetzbarkeit möglichen Potenziale realisiert werden.

Zentrale Bausteine des Szenarios sind als regenerative Energiequellen die Solarthermie und Grundwasserwärmepumpen als Form der oberflächennahen Geothermie, zusammen mit der Kraft-Wärme-Kopplung. Das Szenario zeigt auch, dass unter den getroffenen Annahmen eine vollständige Substitution des Energieträgers Heizöl durch Reduzierung des Wärmebedarfs und des Ausbaus erneuerbarer Energien bis 2035 realisierbar ist.

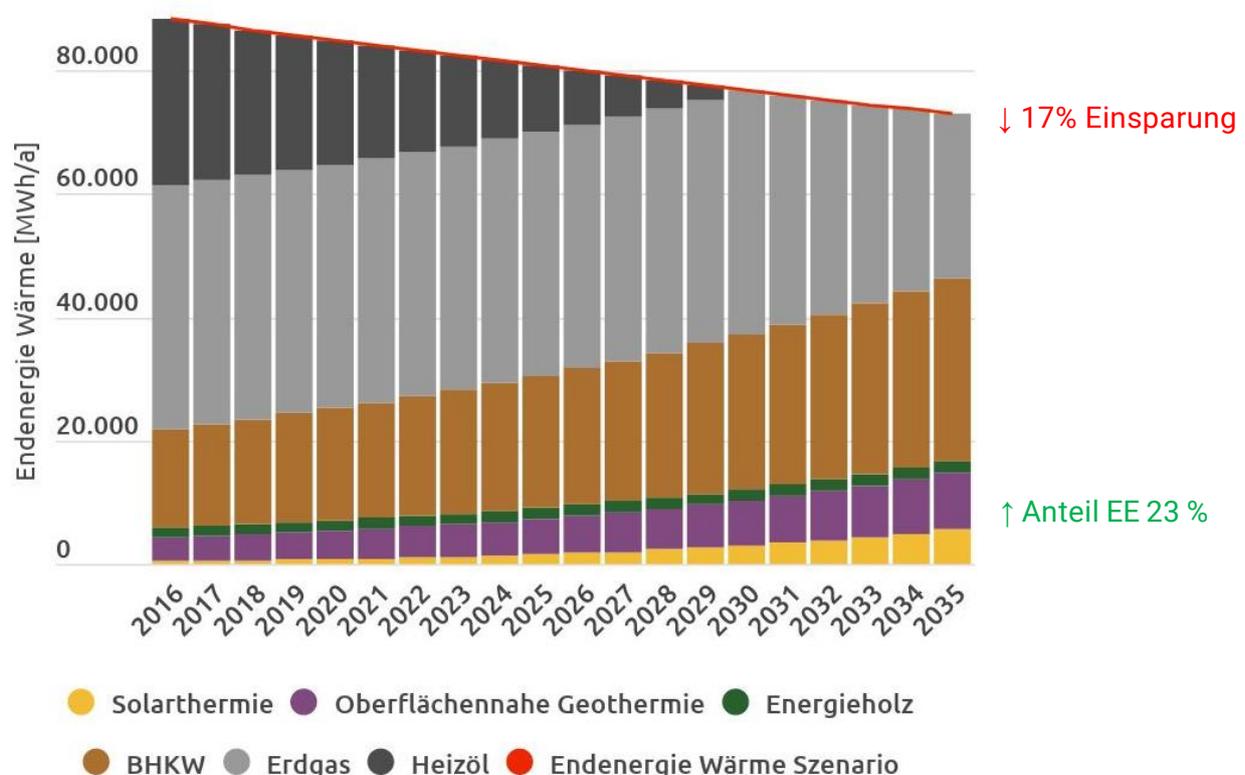


Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Rottach-Egern.

4.1.3.3 Chancen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen

Die für den Klimaschutz entscheidende Frage ist, wie es gelingen kann, die klimaschädlichen Treibhausgasemissionen signifikant zu reduzieren. Laut aktuellen Studien wird das noch zur Verfügung stehende globale Treibhausgasbudget - also die maximale Menge an CO₂, welche noch ausgestoßen werden darf um die globale Erderwärmung unter dem kritischen Wert von 2°C zu halten – stetig kleiner (Friedlingstein u. a. 2014; Rogelj u. a. 2016).

Derzeit werden in Rottach-Egern alleine zur Bereitstellung von Energie in Form von Wärme und Strom gut 33.135 t CO₂-Äquivalente pro Jahr in die Erdatmosphäre emittiert, das entspricht 5,7 t/EW. Abbildung 4-7 zeigt, wie die Treibhausgasemissionen in Rottach-Egern gemäß den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Szenarien reduziert werden könnten. Demnach lassen sich die derzeitigen CO₂-Emissionen um rund 60 % auf 14 t CO₂-Äquivalente pro Jahr reduzieren. Auch welcher Anteil der Treibhausgasemissionen welchem Energieträger zuzuordnen ist, wird aus Abbildung 4-7 ersichtlich.

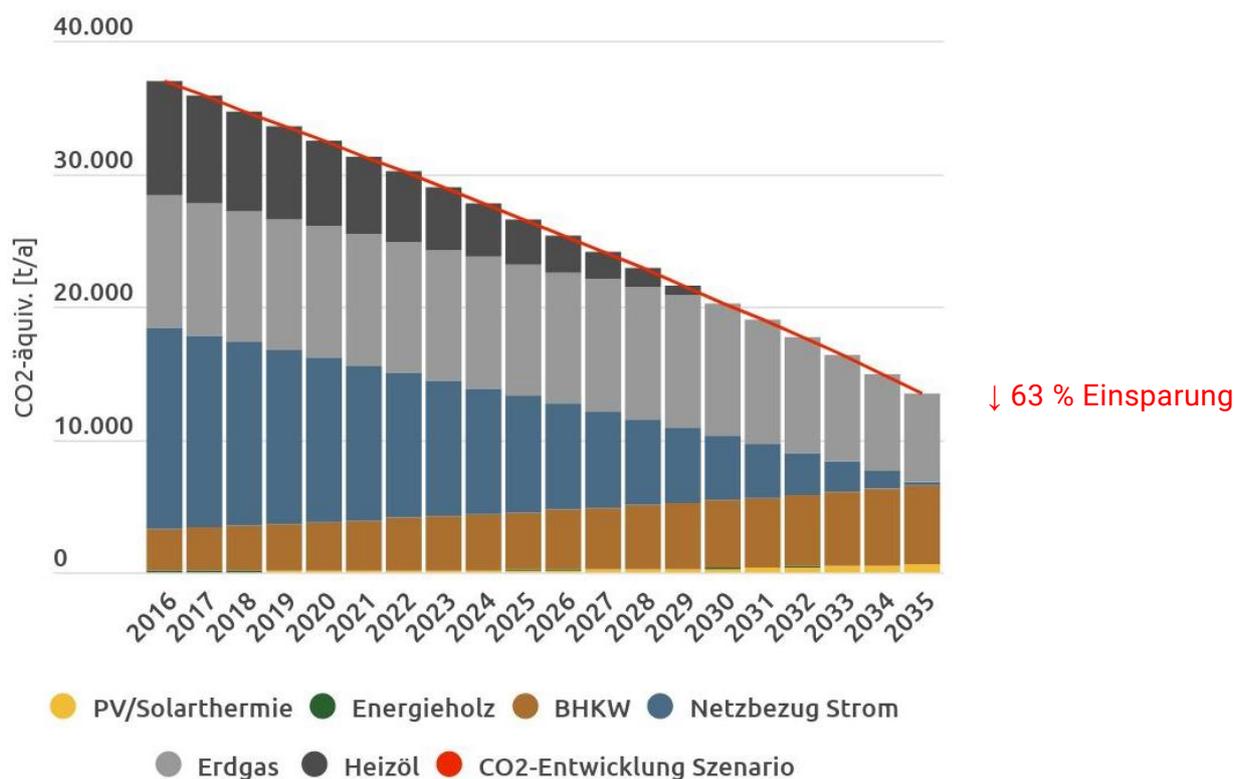


Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Rottach-Egern.

Im Sinne des Klimaschutzes am wirksamsten ist eine rasche Substitution des Energieträgers Öl durch erneuerbare Brennstoffe. Die industrielle Erzeugung von flüssigen oder gasförmigen Energieträger kann langfristig zum Klimaschutz beitragen. Sog. Power-to-Gas Anlagen erzeugen beispielsweise aus überschüssigen Strommengen im Netz Wasserstoff, der sehr gut lager- und transportfähig ist. Auch der Energieträger Flüssiggas kann aus

Reststoffen wie z.B. Glycerin, Stärke oder Zellulose hergestellt werden. Grundsätzlich stoßen Erd- und Flüssiggas weniger CO₂ aus als Heizöl, sodass deren Einsatz als Zwischenschritt zur Energiewende gesehen werden kann. Sofern diese Produkte zukünftig regenerativ erzeugt werden, ist dies ein weiterer Beitrag zum Klimaschutz.

4.1.3.4 Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Anlagen zur kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom, sog. Blockheizkraftwerke (BHKWs), ermöglichen eine dezentrale und besonders effiziente Energieversorgung.

Aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz können BHKWs selbst bei Verwertung fossiler Brennstoffe aktiv zu einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen beitragen.

Wirtschaftlich sinnvoll ist der Einsatz von KWK-Lösungen insbesondere dort, wo Wärme und Strom auf engstem Raum in ausreichenden Mengen nachgefragt werden. Dabei sollte über das ganze Jahr eine relativ konstante Grundlast im Wärmebereich vorhanden sein und das BHKW mindestens 5.500 von 8.760 Jahresstunden in Betrieb sein. Es lohnt sich also besonders für Gebäude, die hohe Strom- und Wärmeverbräuche haben. Diese Technologie wird in Rottach-Egern bereits von vielen größeren Hotels genutzt. Die Anlagen laufen in der Regel wärmegeführt, d.h. sofern mehr Strom produziert wird, als im Gebäude benötigt, wird er ins Netz eingespeist und vergütet. Im Jahr 2018 waren dies ca. 1,6 GWh, also ca. 5 % des Netzabsatzes.

Derzeit werden im Ort BHKWs mit einer elektrischen Leistung von knapp 1.000 kW betrieben. Bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 8.000 Stunden pro Jahr produzieren die Anlagen ca. 8 GWh. Damit wird deutlich, dass bestehende KWK-Anlagen zu 80 % für den Eigenbedarf der jeweiligen Gebäude produzieren und lediglich 20 % des erzeugten Stroms ins Netz einspeisen.

In der Bestandsanalyse wird der Stromverbrauch über die durchgeleitete Strommenge ermittelt und beläuft sich auf ca. 30 GWh pro Jahr. Darüber hinaus werden ca. 6,4 GWh von den BHKWs effizient für den direkten Verbrauch beim Betreiber zur Verfügung gestellt. Mit dem Ausbau der E-Mobilität wird diese Technologie für weitere Nutzergruppen interessant:

In **größeren Einfamilienhäusern** könnte mit Brennstoffzellen der Ladevorgang in der Garage mit Eigenstrom unterstützt werden.

In **kleineren Hotels und Gaststätten** könnte Strom für den laufenden Betrieb sowie zukünftige Ladestationen erzeugt werden.

Bürogebäude könnten effizient den Strombedarf der EDV sowie den Wärme- oder einen zukünftigen Kühlbedarf decken.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit wäre z.B. die **Schule** mit ihrem Wärmenetz oder das **Rathaus**, das demnächst einer grundlegenden Sanierung unterzogen wird.

Ein weiterer Ausbau der KWK in Rottach-Egern könnte Stromnetze entlasten und als wichtiger Zwischenschritt zur Energiewende beitragen. Abhängig von der politischen Weichenstellung bzgl. Strom- oder CO₂-Besteuerung könnte in Rottach-Egern eine Verdopplung der Stromerzeugung realisiert werden. Im Gegensatz zu den bestehenden, etwas größeren KWK-Anlagen könnten zahlreiche kleinere Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung zusätzlich 1.000 kW Grundlast bereitstellen. Vor allem in den Wintermonaten, wenn die Wasserkraft- und Solaranlagen witterungsbedingt weniger regenerativen Strom zur Verfügung stellen, wäre ein stärkerer Zubau von BHKWs zielführend.

Langfristig gesehen könnte - je nach technischer Entwicklung - der Ersatz von Erdgas durch Synthesegas erfolgen. Die Herstellung von Synthesegasen erfolgt mittels Power-to-Gas Technologien durch Elektrolyse und unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien. Das so erzeugte Gas kann im bestehenden Erdgasnetz gespeichert oder weitergeleitet werden.

Förderprogramme:

Brennstoffzellen im Leistungsbereich von 0,25 bis 5,0 kW werden derzeit über das **KfW-Programm 433** stark gefördert.

KWK-Anlagen bis 50 kW werden durch die Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (**BAFA**) bezuschusst, wobei ab einer Leistung von 20 kW eine Kumulierung der Fördermittel kaum mehr möglich ist.

Nicht zuletzt unterstützt der **Ökobonus der Tegernseer Erdgasversorgung** mit 1.500,- € pro Neuanlage diese Technologie.

4.2 Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau

Werden die Kosten für die erzeugte Wärme im Mix der derzeitigen Wärmeerzeuger mit 70 Euro/MWh angesetzt, so werden in Rottach-Egern derzeit 6,2 Mio. € jährlich für die Wärmebereitstellung ausgegeben. Bei einem durchschnittlichen Strompreis über alle Nutzergruppen von 230 €/MWh wird Strom für 7,0 Mio. € eingekauft (Abbildung 4-8). Insgesamt entstehen für Rottach-Egern somit jährliche Gesamtenergiekosten in Höhe von 13,2 Mio. € für den Bezug von Wärme und Strom. Ein weiterer Ausbau der regenerativen Energien reduziert langfristig diese Kosten und generiert mehr regionale Wertschöpfung.

Um den Ausbau der in den vorausgehenden Kapiteln beschriebenen Potenziale der regenerativen Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung bis 2035 gemäß der skizzierten Szenarien zu realisieren, wären in den kommenden Jahren Investitionen von rund 15,1 Mio. € erforderlich. Die größten Anteile machen dabei mit 57 % PV-Dachanlagen, 20 % Solarthermieanlagen und ca. 22 % oberflächennahe Geothermieanlagen aus.

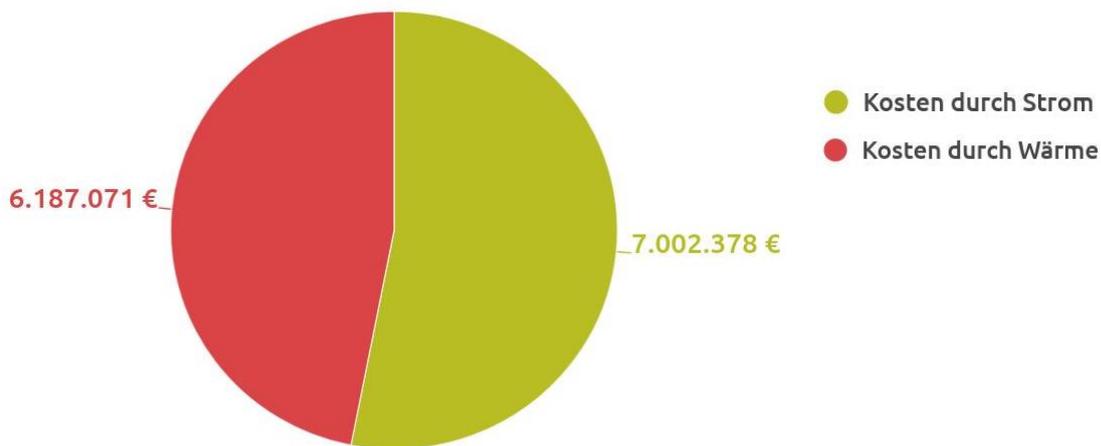


Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten 2016 für Wärme und Strom in Rottach-Egern.

Städte und Gemeinden sind wichtige Treiber beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) und können gleichzeitig in relevantem Umfang Profiteure sein. Denn es werden durch den Ausbau der EE bisher importierte Energierohstoffe oder Endenergien durch heimische Energiequellen, Technologien und Dienstleistungen ersetzt. Außerdem finden eine Reihe von Wertschöpfungsschritten in den Kommunen selbst statt, die dort positive regionalwirtschaftliche Ausstrahlungseffekte mit sich bringen (Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung 2010).

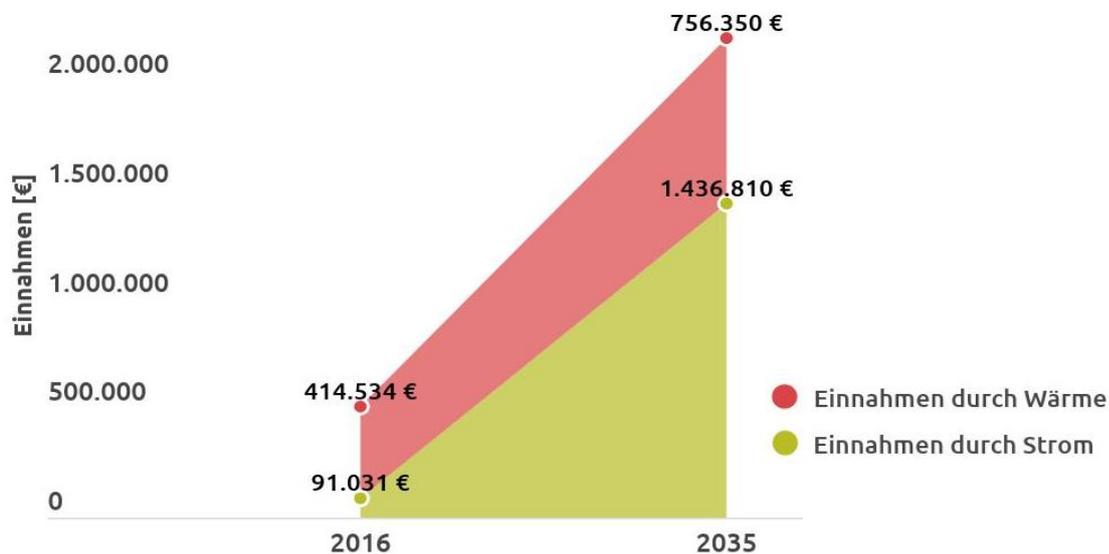


Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung in 2016 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien.

Einer Gegenüberstellung der Umsätze für die regionale regenerative Energieerzeugung heute und den zuvor dargestellten Entwicklungspfad bis 2035 ist in Abbildung 4-9 dargestellt. Ein hohes Potenzial zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung ist demnach vorhanden. Insgesamt lässt sich der lokale EE-Umsatz durch den skizzierten Ausbau erneuerbarer Energien mehr als vervierfachen. Vor allem im Stromsektor ist durch den Ausbau der Photovoltaikanlagen eine große Steigerung der Einnahmen zu generieren.

5 Maßnahmenempfehlungen für Rottach-Egern

Aus den erhobenen Verbrauchsdaten sowie den Potenzialen zur Energieversorgung in Rottach-Egern ergeben sich Maßnahmen, durch deren schrittweise Umsetzung sich die Gemeinde dem Ziel der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern nähern kann. Neben der erneuerbaren Energieerzeugung sind außerdem Energieeffizienz und Energieeinsparung von entscheidender Bedeutung um den regenerativen Anteil bei Strom und Wärme auszubauen. Im Folgenden sind Maßnahmen beschrieben und unter wirtschaftlichen Aspekten bewertet, deren Umsetzung innerhalb der Gemeinde durch das Kompetenzzentrum Energie EKO e.V. empfohlen wird.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertungen erfolgen dabei in Anlehnung an die VDI 2067 (Verein Deutscher Ingenieure 2012). So sind die jährlich zu erwartenden Einsparungen bzw. Erträge den laufenden jährlichen Ausgaben gegenübergestellt. Eine Investition ist immer dann vorteilhaft, wenn sich ein positiver Überschuss aus den jährlichen Einnahmen und Ausgaben ergibt. Es wurde den Berechnungen ein Kalkulationszinssatz von 3 % zu Grunde gelegt. Für die Finanzierung der Maßnahmen wird jeweils ein Kredit aufgenommen, welcher in Form eines Annuitätendarlehens jährlich getilgt wird. Aus Vereinfachungsgründen und weil Preisprognosen mit hohen Unsicherheiten verbunden sind, wurden weder Preis- noch Zinsentwicklungen berücksichtigt.

Die Wirtschaftlichkeitsanalysen für PV-Anlagen sind im Folgenden stets so ausgelegt, dass ein möglichst hoher Eigenstromverbrauch erzielt wird. Die genaue Ertragsrechnung, sowie die Berechnung von Wirtschaftlichkeit, Eigenverbrauch und Kosten im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde mit der Software *PV*Sol premium* ermittelt (Details dazu im Anhang 3).

Zwar ist die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme meist das zentrale Entscheidungskriterium für die Realisierung dieser. Themen wie Komfortverbesserung und Umweltschutz sollten dennoch nicht außer Acht gelassen werden. Bei der Vorgehensweise zur Maßnahmenumsetzung ist es besonders wichtig, dass neben der Planung und Umsetzung auch eine Evaluierung und Ableitung neuer Maßnahmen erfolgt, wie in folgendem Ablaufschema in Abbildung 5-1 dargestellt.

Insgesamt sind im Folgenden für die Gemeinde 17 Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet. Davon betreffen 9 Maßnahmen unmittelbar die **„kommunalen Liegenschaften“**. Als **„Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger“** und als **„Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde“** werden jeweils drei Handlungsvorschläge aufgeführt. In Kapitel 5.5 werden alle Maßnahmen in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

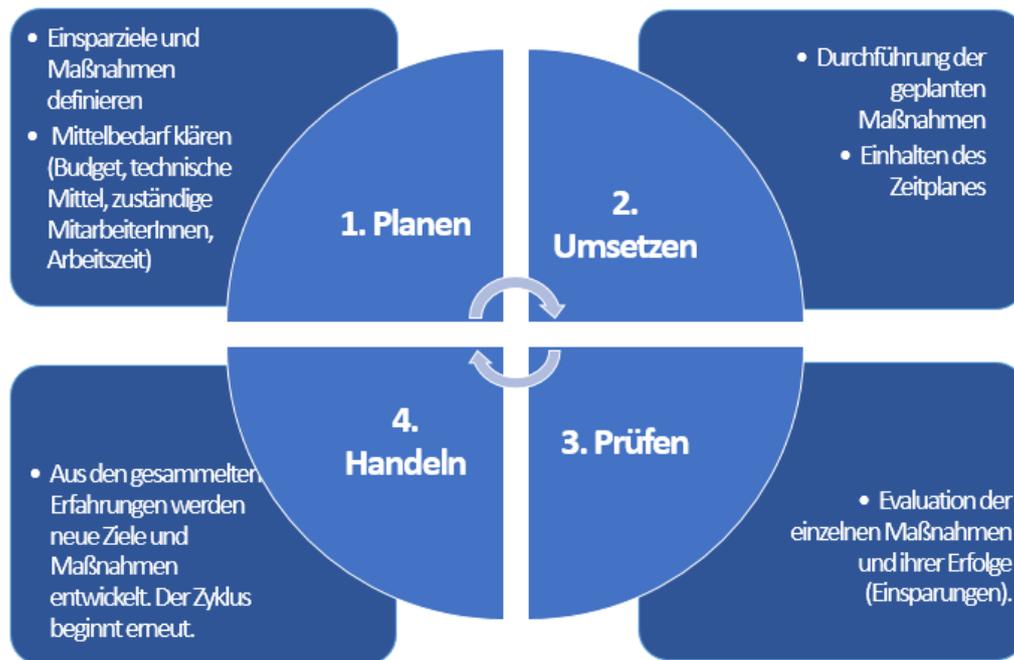


Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.

5.1 Kommunale Liegenschaften

Mit der Realisierung der wie folgt dargestellten Maßnahmen für die kommunalen Liegenschaften kann die Gemeinde ihrer Vorbildfunktion in Sachen Klimaschutz und Ressourceneffizienz gerecht werden. Wo möglich, wurden die mit der Maßnahme verbundenen Investitionskosten berechnet. Die Umsetzung aller PV-Maßnahmen ist demnach schätzungsweise mit Gesamtinvestitionskosten von knapp 70.500 € verbunden.

Die folgenden dargestellten Maßnahmen sind dabei nach Liegenschaften gegliedert. Es liegen Maßnahmenvorschläge für folgende Liegenschaften vor:

- Grundschule (S. 82)
- Mittelschule (S. 87)
- Rathaus (S. 91)
- Feuerwehr (S. 93)
- Falianhaus Kinderhort (S. 93)

5.1.1 Grundschule

5.1.1.1 Rückbau Warmwasserverteilung

		kurzfristig	
Amortisierungsdauer: k.A.	Investitionskosten: k.A.	CO₂-Einsparpotenzial: 45 t/a	Primärenergie-Einsparung: 198 MWh/a

Im Heizraum der Grundschule wird in zwei Warmwasserspeichern aus dem Jahr 1993 zentral Brauchwasser erwärmt und in ein weitläufiges Netz verteilt. Inklusive Zirkulationsleitung werden die Grundschule, die Mittelschule, das Hausmeisterhaus sowie die öffentlichen WCs mit Warmwasser versorgt. Aus hygienischen Anforderungen müssen diese Leitungen ganzjährig auf hohem Temperaturniveau betrieben werden und verursachen große Verluste.

Der Warmwasserbedarf im Hausmeisterhaus ist sehr gering, sodass hier empfohlen wird, einen Elektroboiler vor Ort in der Wohnung selbst zu installieren. Die Warmwasserbereitung der benachbarten öffentlichen WCs könnte ebenfalls von diesem E-Boiler versorgt werden, allerdings müssten dazu jeweils Zähler für Warmwasser installiert werden.

Im sog. Neubau werden z.T. die Handwaschbecken in den Klassenzimmern sowie die WCs und die Spülen der Lehrküche mit Warmwasser aus der Heizzentrale versorgt. Bei Entnahme von Warmwasser vor Ort im Dachgeschoß wurde festgestellt, dass es stark rosthaltig ausströmt. Dies lässt auf korrodierten Zustand der Warmwasserverteilung schließen. Dringend empfohlen wird die Still-Legung der gesamten Warmwasserverteilung im Neubau. Erforderlich ist eine Warmwasserbereitung lediglich in der Lehrküche im Kellergeschoss. Hier ist ähnlich wie in der Hausmeisterwohnung die Installation eines Elektroboilers zur Warmwasserversorgung der vier Spülen in der Lehrküche zu empfehlen.

Die veraltete Warmwasserverteilung im Bereich der jetzigen Grundschule verursachte in der Vergangenheit bereits Wasserschäden. Auch hier ist der Verzicht auf Warmwasser in den WCs und Klassenräumen ein Schritt zur Steigerung der Energieeffizienz.

Für die Hygiene beim Händewaschen ist die Wassertemperatur lt. einer Veröffentlichung der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BzgA) nicht entscheidend. Wesentlich ist die gründliche Reinigung der Hände mit Seife über eine Dauer von ca. 30 Sekunden.

Die Warmwasser-Erzeugung der Turnhalle erfolgt sehr effizient über einen Pufferspeicher im Keller der Sportstätte. Die Pufferladung findet bedarfsgerecht aus der Heizzentrale der Grundschule statt.

5.1.1.2 Sanierung Kesselhaus

		kurzfristig	
Amortisierungsdauer:		CO₂-Einsparpotenzial:	Primärenergie-Einsparung:
Variante 1: 6 Jahre	Investitionskosten: 120.000 €	165 t/a	850 MWh/a
Variante 2: 8 Jahre		132 t/a	594 MWh/a

Die Heizanlage der Grundschule versorgt nicht nur das Gebäude selbst mit Heizwärme und Warmwasser, sondern auch die umliegenden kommunalen Gebäude wie den sog. Neubau, das Hausmeisterhaus, die Turnhalle sowie den jetzt entstehenden Neubau anstelle des alten Pavillons.

Zwei Gaskessel mit einer thermischen Leistung von je 250 kW sorgen für ausreichend Heizwärme in den angeschlossenen Gebäuden. Allerdings sind die Verbrauchsdaten erheblich über den Referenzwerten der deutschen Energieagentur dena (vgl. Kapitel 2.4.2).

Hauptursache dafür sind die veralteten Kesselanlagen aus dem Jahr 1993 sowie die zentrale und sehr groß dimensionierte Wasserbereitung. Die Auswertung der Verbrauchsdaten ergibt folgenden Verlauf:

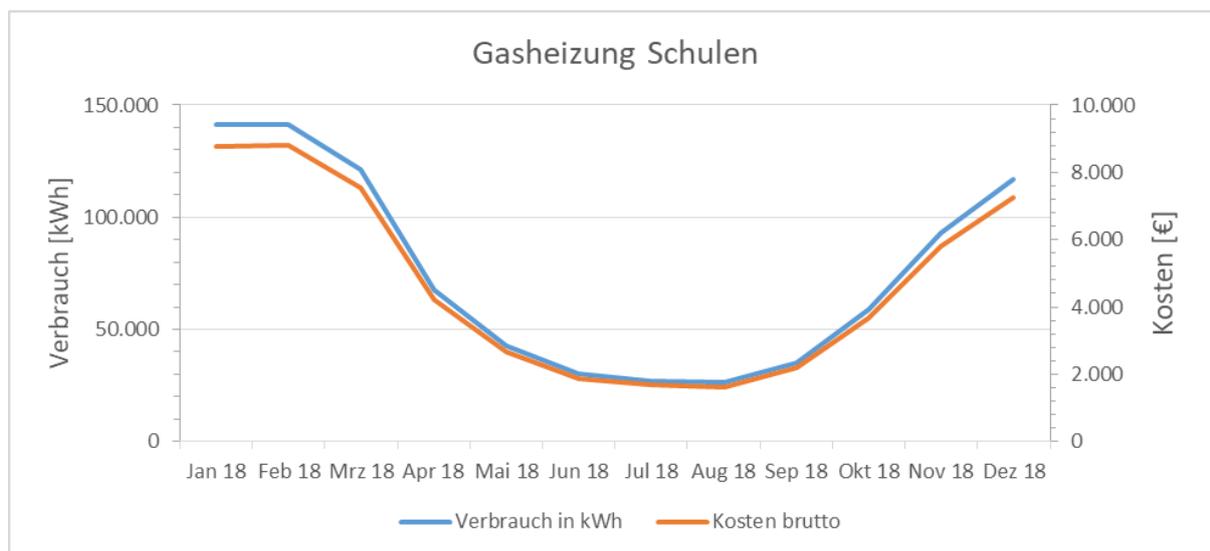


Abbildung 5-2: Energieverbrauch und -kosten der Heizungsanlage der Schulen.

Insgesamt werden pro Jahr ca. 900.000 kWh Gas und ca. 56.000,- € brutto dafür bezahlt. Selbst in den Sommermonaten findet ein Gasverbrauch von mind. 25.000 kWh pro Monat statt. Für den August 2018 z.B. betrug die Gasrechnung für die Heizanlage 1630,- € brutto. D. h. auch während der Schulferien werden jeden Tag über 50,- € ausgegeben ohne dass nennenswert Warmwasser erforderlich wäre. Mit einem Rückbau der Warmwasserverteilung könnten die Verbräuche um mind. 20 % reduziert werden. Eine weitere Einsparung wird sich durch den Ersatzbau anstelle des alten Pavillons ergeben.

Nach der derzeitigen Energieeinsparverordnung ENEC muss die Kesselanlage in der Schule nach 30 Betriebsjahren im Jahr 2023 durch eine Neuanlage ersetzt werden. Der Markt bietet mittlerweile zahlreiche Möglichkeiten zur Beheizung von Gebäuden an. Die Auswahl reduziert sich jedoch, weil nicht alle Technologien für die erforderlichen hohen Vorlauftemperaturen von Heizkörpern in Frage kommen. Z.B. scheiden Wärmepumpen als Wärmequelle aufgrund mangelnder Effizienz für die Anforderungen des Gebäudes aus. Aus logistischen Gründen ist die Beschickung einer Hackschnitzelheizung für die Schulen nicht zu empfehlen. Der Einsatz von Heizöl statt der bisherigen Gasversorgung kommt aus Gründen des Klimaschutzes für die Gemeinde nicht in Frage.

In die engere Auswahl kommen aus ökologischer Sicht lediglich zwei Varianten:

1) Die Umstellung des Heizbetriebs auf eine Pelletanlage.

Ein Kessel mit einer thermischen Leistung von 100 kW könnte die Grundlast zur Verfügung stellen und so ca. 95 % des erforderlichen jährlichen Wärmebedarfs decken. Ein Spitzenlastkessel mit einer etwas größeren thermischen Leistung würde für eventuelle Wartungsarbeiten oder witterungsbedingte Lastspitzen zur Verfügung stehen. Als Brennstoffe wären in dieser Kombination jährlich ca. 90 Tonnen Pellets sowie max. 5000 m³ Erdgas erforderlich. Die Jahresdauerlinie (Abbildung 5-3) weist in blau die Stunden aus, die durch einen Pelletkessel von 100 kW mit Wärme versorgt werden können, in grün sind die Wärmeleistungen aus einem zusätzlich zu installierendem Pufferspeicher markiert. Lediglich für ca. 400 Stunden pro Jahr würde der Gaskessel (gelb) zusätzlich Wärme liefern.

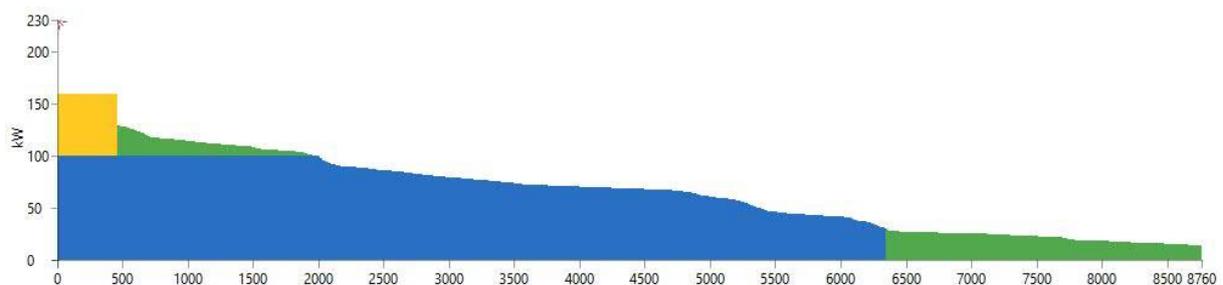


Abbildung 5-3: Jahresdauerlinie einer Pelletanlage mit Gas-Spitzenlastkessel.

Ökologisch hätte diese Kombination wesentliche Vorteile, allerdings stellt die Lagerung von großen Pelletmengen vor Ort ein Problem dar. Ca. 10 Tonnen könnten im bestehenden Keller der Grundschule gelagert werden, so dass in der Heizperiode eine monatliche Befüllung des Pelletlagers erforderlich wäre.

2) Ein Blockheizkraftwerk in Kombination mit einem Spitzenlastkessel

Das ist eine andere ebenfalls ökologisch sinnvolle Lösung. Mit einem derzeit marktüblichen Modell werden gleichzeitig 18 kW Strom und 30 kW Wärme erzeugt. Mit Installation eines Pufferspeichers in beiden Schulgebäuden und dem bestehenden Pufferspeicher in der Turnhalle kann eine hohe Auslastung des BHKWs erzielt werden.



Abbildung 5-4: Jahresdauerlinie eines BHKWs mit Spitzenlastkessel.

Die Simulation ergibt eine Betriebsdauer von 8000 Stunden. Nach dem Rückbau der Warmwasserverteilung in Grund- und Mittelschule findet in den Sommermonaten bis auf die Brauchwassererwärmung in der Turnhalle keine Wärmeabnahme statt. Das BHKW wird wärmegeführt betrieben und schaltet ohne Wärmeabnahme aus. Daher wird das Aggregat eher ca. 6.000 Stunden betrieben werden können.

Ökologische Auswirkungen

In Abbildung 5-5 wird ein Vergleich der Kohlendioxid-Emissionen in Tonnen pro Jahr dargestellt. Der Einbau eines BHKW inkl. Spitzenlastkessel hätte eine Verringerung der Emissionen um 60 % zur Folge.

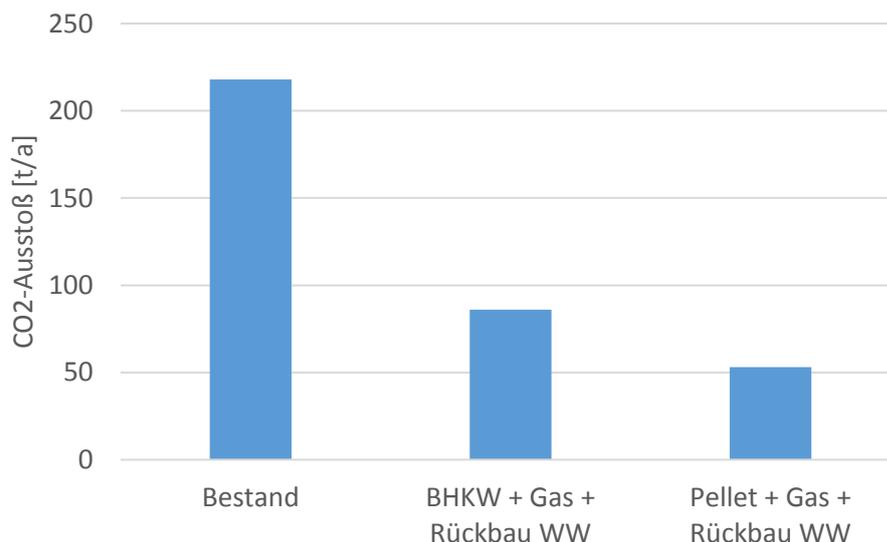


Abbildung 5-5: Vergleich der CO₂-Emissionen der verschiedenen Varianten.

Wirtschaftliche Aspekte

Auch unter wirtschaftlichen Aspekten sind diese Maßnahmen gut geeignet, um die Unterhaltskosten für die Schulgebäude zu senken. Beide Neuanlagen würden inkl. Planungskosten ca. 120.000,- € ohne Berücksichtigung von Fördermitteln verursachen. Verschiedene Programme bezuschussen die Installation von neuen Heizanlagen sowie die Optimierung der Verteilung. Bei Brennstoffkosten von brutto 240,- € je Tonne Pellets sowie 48,- € je MWh aus Erdgas ergibt sich der Vergleich des jährlichen Unterhalts in Abbildung 5-6.

Im Vergleich der Unterhaltskosten inkl. der Kapitalkosten für die Investitionen wäre die Pelletanlage etwas günstiger als die Variante mit einem BHKW. Da dieses jedoch wärmegeführt betrieben wird, entstehen Strommengen, die ähnlich wie bei der Anlage im Seeforum ins Stromnetz eingelagert und vergütet werden. Unter Berücksichtigung dieser Einnahmen sowie der möglichen Rückerstattung der Mineralölsteuer für das bezogene Erdgas wird ein BHKW + Spitzenlastkessel ca. 40.000,-€ , im Vergleich dazu die Pelletanlage ca. 42.000,- €, pro Jahr an Kosten verursachen. Die bestehende Anlage benötigt aufgrund der mangelnden Effizienz derzeit 55.000,- € /a.

Daher wird nach Rückbau der Warmwasserverteilung die Installation eines BHKWs bis spätestens 2023 empfohlen.

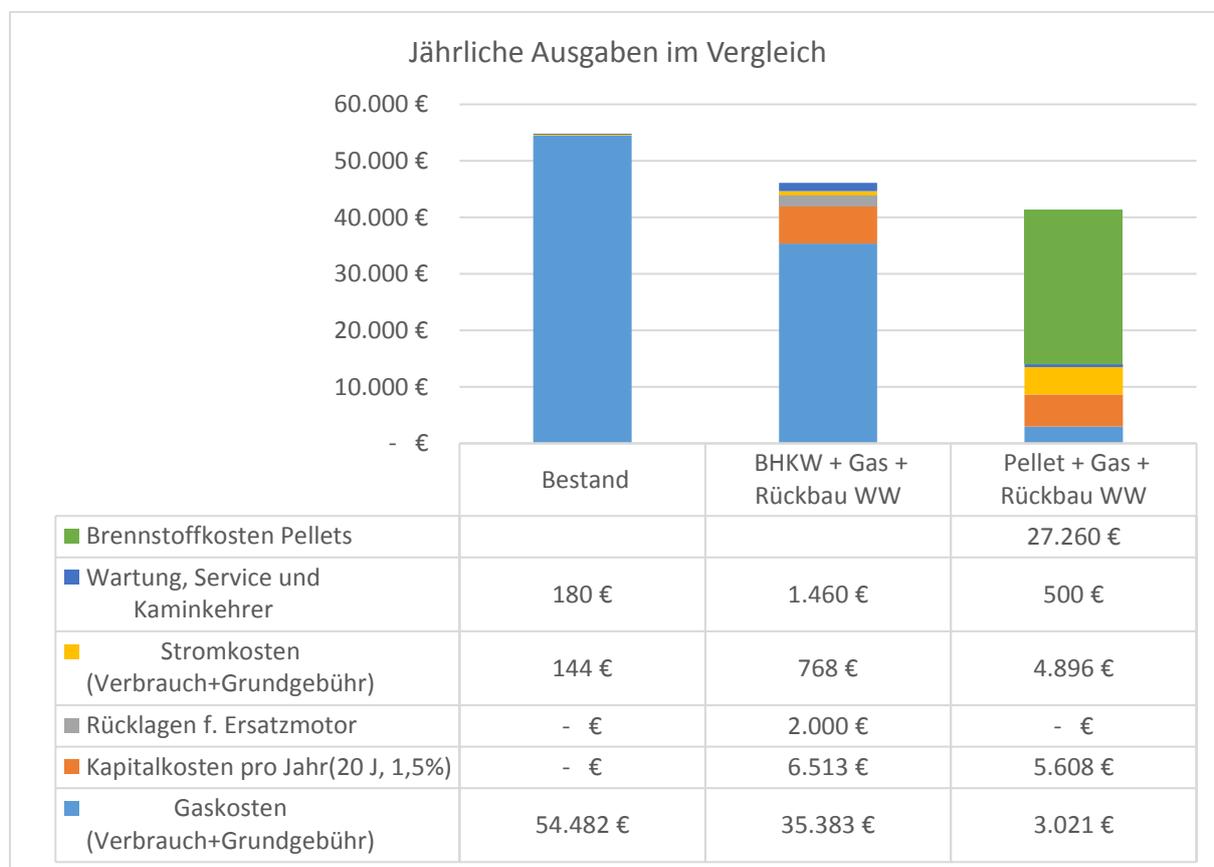


Abbildung 5-6: Vergleich der jährlichen Ausgaben der verschiedenen Varianten.

5.1.2 Mittelschule

5.1.2.1 Gebäudehülle

		Mittelfristig	
Amortisierungsdauer: k.A.	Investitionskosten: 600.000 €	CO₂-Einsparpotenzial: k.A.	Primärenergie-Einsparung: k.A.

Das Gebäude der jetzigen Mittelschule wurde Ende der 60er Jahre errichtet und vor knapp 20 Jahren aufgestockt. Auf dem Wärmebild (Abbildung 5-7) vom 21.01.2019 deutlich sichtbar ist die im Vergleich zum Baukörper darunter energetisch hochwertigere Außenwand der Aufstockung. Je heller die Oberflächen dargestellt werden, desto höher sind die Oberflächentemperaturen. Die größten Wärmebrücken stellen die großen, alten Fensterelemente mit den dahinter liegenden Heizkörpern dar.

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) bei Holzfenstern dieser Bauart beträgt ca. 2,7 W/m²*K (DENA 2004). Im Vergleich dazu liegt er bei neuen Fenstern bei 1,1 W/m²*K. Zusätzlich dazu ist der Lüftungsverlust durch mangelnde Dichtungen bei alten Fenstern enorm.



Abbildung 5-7: Wärmebild der Außenfassade der Mittelschule.

Das Mauerwerk aus den 60er Jahren mit einer Stärke von 36 cm kann mit einem U-Wert von ca. 1,0 W/m²*K angenommen werden (Abbildung 5-8).

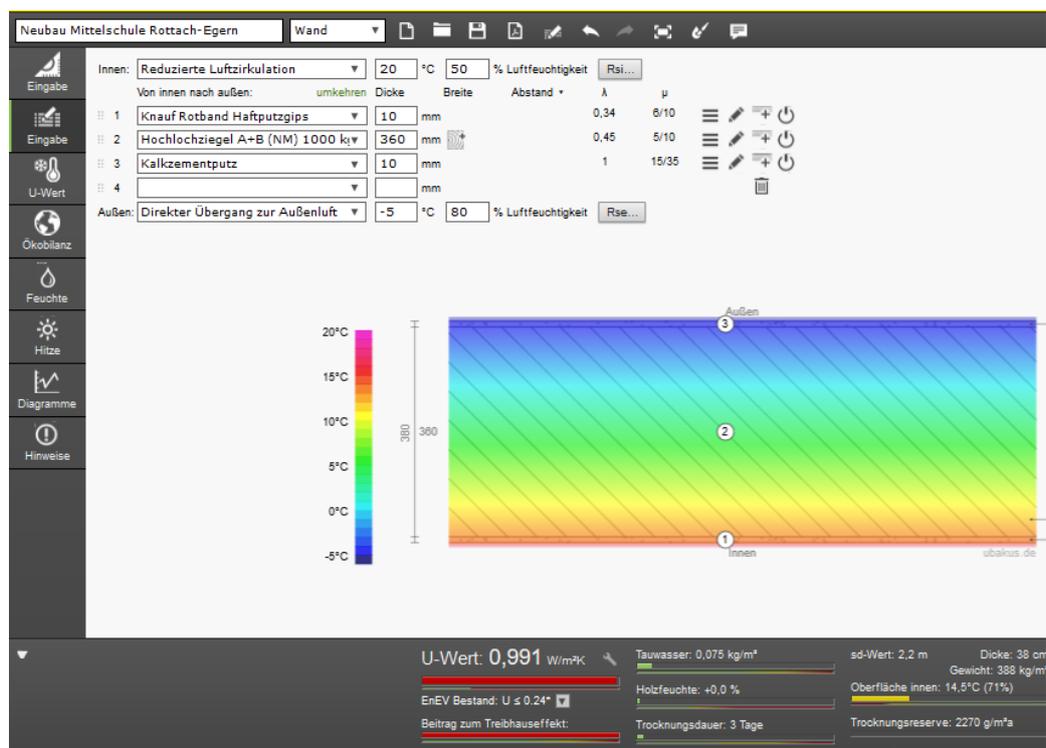


Abbildung 5-8: U-Wert Berechnung der Außenwand im Bestand.

Sollten die veralteten Fenster ausgetauscht werden, so ist zeitgleich die Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems zu empfehlen. Andernfalls hätten die neuen Fenster einen ähnlichen Wärmedurchgangswert wie das Mauerwerk. Aufgrund der in Klassenräumen anfallenden hohen Luftfeuchtigkeit könnte sich an der Innenseite, vorwiegend in den Gebäudeecken, Kondenswasser und somit langfristig auch Schimmel bilden. Mit der energetischen Verbesserung des Wandaufbaus auf einen zeitgemäßen Wert von unter 0,24 W/m²*K besteht diese Gefahr nicht mehr (Abbildung 5-9).

Ohnehin ist beim Einsatz neuer Fenster auf ein schlüssiges Lüftungskonzept zu achten. In Schulen reicht in der Regel die Fensterlüftung nicht aus, um die Luftqualität 45 Minuten lang auf einem akzeptablem Maß des Kohlendioxidanteils von unter 1000 ppm zu halten. Steigt der CO₂-Anteil höher, lässt die Konzentration erheblich nach (Abbildung 5-10).

Um eine angemessene Luftqualität langfristig zu erhalten, können z.B. Fenster mit integrierter und automatisierter Lüftung inkl. Wärmerückgewinnung eingebaut werden.

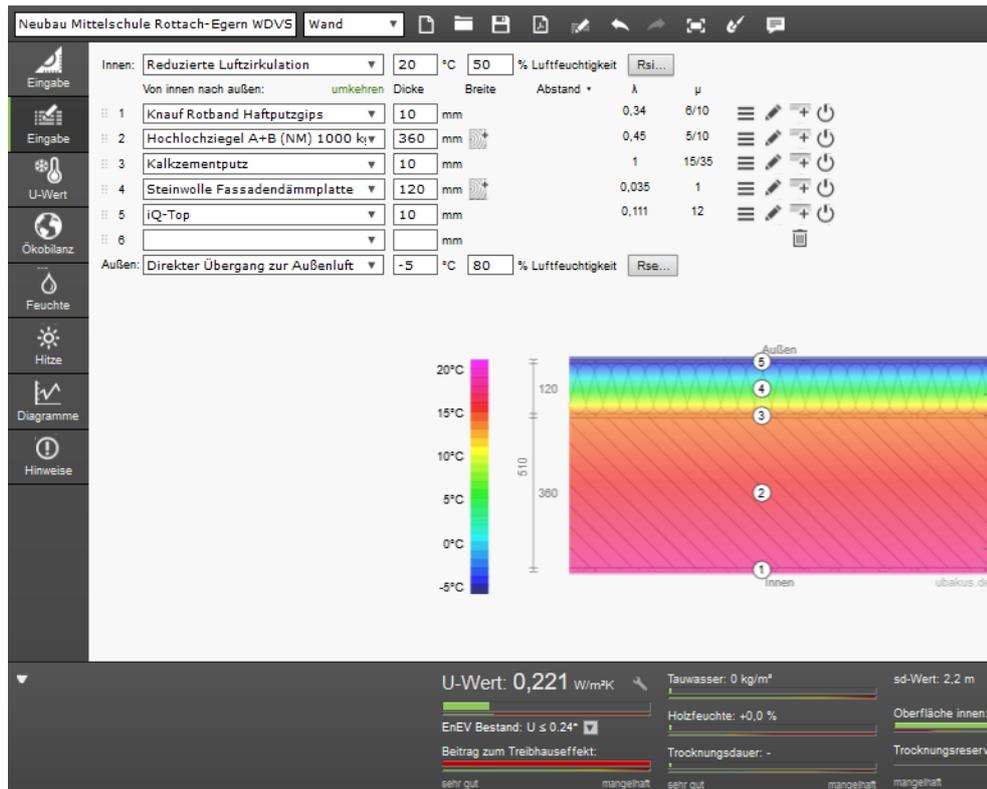


Abbildung 5-9: U-Wert Berechnung der Außenwand nach Sanierung.

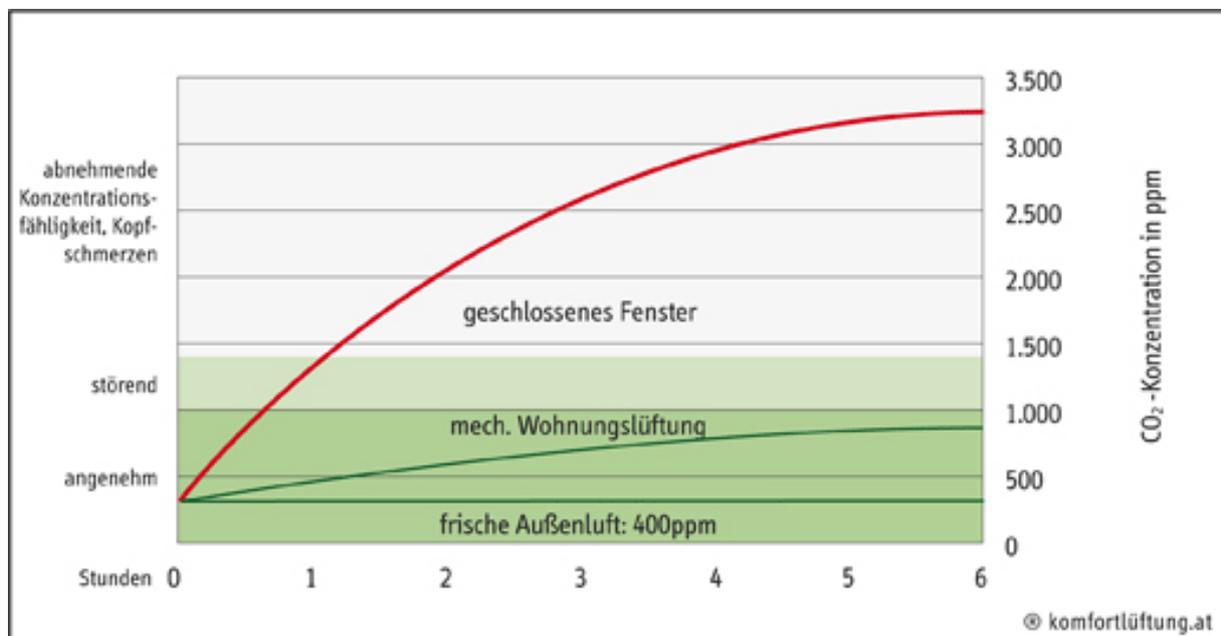


Abbildung 5-10: Zusammenhang zwischen Konzentrationsfähigkeit und CO₂-Gehalt in der Raumluft.



Abbildung 5-11: Zusammensetzung der Kosten im Falle einer Sanierung (Energie-Experten.org)

Eine wirtschaftliche Betrachtung der kompletten Maßnahme Austausch der Fenster mit anschließendem Vollwärmeschutz ist derzeit schwer abzuschätzen. Aus Gründen des Brandschutzes werden bei öffentlichen Liegenschaften stets mineralische Dämmstoffe verwendet. Hier liegt der Quadratmeterpreis bei derzeit ca. 24,- €. Ausschlaggebend für die Kosten sind jedoch stets die Lohnleistungen. Somit ergibt sich ein Mindestpreis pro Quadratmeter von ca. 100,-€ für den Vollwärmeschutz. Bei der derzeit überhitzten Baukonjunktur ist eine derartige

Maßnahme schwer darstellbar: Bei einer Oberfläche der Außenwände von über 4.000 m² wäre für den Vollwärmeschutz ein Betrag von mindestens 400.000,- € erforderlich. Zusammen mit den Fensterelementen und der kontrollierten Lüftung steigt die Investitionssumme auf mind. 600.000,- €. Sollte der Austausch der Fensterelemente aufgrund von Undichtigkeiten erforderlich werden, so ist dennoch eine kombinierte Baumaßnahme von Fenster, Wärmedämmverbundsystem und dezentraler Lüftung vorzunehmen.

Unterstützt wird eine derartige energetische Sanierung durch das KfW-Programm 271 mit bis zu 17,5 % Tilgungszuschuss.

Da die Wärmemengen, die von der Heizzentrale für die Mittelschule nicht separat gemessen werden, kann über die konkrete Einsparung von Heiz- bzw. Primärenergie keine plausible Aussage gemacht werden.

5.1.2.2 PV - Anlage

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 9 Jahre	Investitionskosten: 32.700 €	CO₂-Einsparpotenzial: 16,7 t/a	Primärenergie-Einsparung: 35,4 MWh/a



Abbildung 5-12: PV-Anlage auf dem Schulhaus.

Auf dem nach Süden ausgerichteten Dach des Schulhauses ist die Installation einer PV-Anlage mit 23 kWp möglich. Der Eigenverbrauchsanteil würde bei dem derzeitigem Stromverbrauch 70 % betragen. Im Vergleich zum Bundes-Strommix würde dies einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 16,7 t pro Jahr bedeuten. Für die Investitionskosten von 32.700 € beträgt die Amortisationsdauer 9 Jahre. Die Stromgestehungskosten liegen bei 0,09 €/kWh.

trägt die Amortisationsdauer 9 Jahre. Die Stromgestehungskosten liegen bei 0,09 €/kWh.

Vergleichen mit dem derzeitigen Strompreis von rund 0,22 €/kWh ist der Strom aus der PV-Anlage mehr als 50 % günstiger als der Strombezug aus dem öffentlichen Netz.

5.1.3 Rathaus

5.1.3.1 Sanierung Rathaus

		mittelfristig	
Amortisierungsdauer: k.A.	Investitionskosten: k.A.	CO₂-Einsparpotenzial: 44 t/a	Primärenergie-Einsparung: 193 MWh/a



Seit längerem wird über die Sanierung des Rathauses beraten. Neben den Anforderungen an die Barrierefreiheit und des Brandschutzes könnte in diesem Zuge auch die energetische Situation stark verbessert werden. Der Hauptteil des Gebäudes wurde im Jahre 1865 errichtet, die jetzigen Holzfenster sind im Jahr 1970 eingebaut worden. Wie im Bild oben in Abbildung 5-13 zu erkennen ist, sind die Fenster witterungsbedingt sowie nach 50 Jahren veraltet und dringend auszutauschen.



Der Heizkessel wurde im Jahre 1991 installiert und ist technisch veraltet und verbraucht derzeit ca. 22.000 m³ Erdgas pro Jahr. Dessen Austausch ist dringend erforderlich.

Ähnliches gilt für die Wärmeverteilung: Die Heizkörper sind z.T. in Nischen angebracht. Dadurch entstehen hohe Wärmeverluste an die Außenwände. Die Ventile inklusive der Thermostatköpfe sind nicht mehr voll funktionsfähig. Auch deren Erneuerung ist dringend erforderlich. Die Installation von Flächenheizungen wie z.B. Fußboden- oder Wandheizung wird bei der bestehenden Bausubstanz nur mit sehr hohem Aufwand möglich sein. In der Regel wird aus Kostengründen die Verteilung beibehalten und lediglich neue Heizkörper mit raumweiser, moderner Regeltechnik eingebaut. Im Hinblick auf den möglichen Einsatz neuer Heiztechnik sollten die Heizflächen auf niedrige Vorlauftemperaturen ausgelegt werden. Zudem ist ein hoher

Abbildung 5-13: Holzfenster aus dem Jahr 1970 (oben) und Heizkörper (unten) aktuell im Bestand.

Strahlungsanteil der Heizflächen für eine flexible Beheizung der Räume erwünscht.

Ähnlich wie bei den Anforderungen in der Schule kann in WC- und Büroräumen auf eine Warmwasserbereitung und -verteilung verzichtet werden. Damit wird der Energiebedarf des Gebäudes erheblich reduziert.

Anzustreben ist bei der Sanierung des Gebäudes das Niveau KfW-Effizienzgebäude 70. Zum einen wird damit sichergestellt, dass durch die Reduzierung der Heizlast ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird. Zum anderen kann über das KfW-Programm 218 ein sogenannter Tilgungszuschuss von 17,5 % der Investitionen in energetische Maßnahmen, maximal 175 Euro pro Quadratmeter erzielt werden. Bei einer Fläche von 1300 m² wären dies 227.500,- €.

Mit der Sanierung einhergehend wird sicherlich die gesamte Beleuchtung durch LEDs sowie die Heizkreispumpen durch stromsparende Produkte ersetzt. Damit können Einsparungen von mind. 20 % des Strombedarfs erzielt werden.

Falls eine PV-Anlage auf dem Süddach des Gebäudes (sh. Kapitel 5.1.3.2) errichtet wird, trägt diese mit ca. 10.000 kWh Stromertrag zur ökologischen Energieversorgung des Rathauses bei.

Wünschenswert zur Wärmeversorgung des Gebäudes wäre eine zu 100 % regenerative Heizanlage. Für eine Biomasse-Anlage sind jedoch die räumlichen Verhältnisse zu eng, eine vollständige Beheizung mit einer Grundwasser-Wärmepumpe ist nur sehr aufwendig durchzuführen. Eine praktikable und effiziente Lösung wäre die Installation einer bivalenten Heizanlage: Für den effizienten Heizbetrieb oberhalb von 5 °C Außentemperatur könnte eine Luftwärmepumpe sorgen, bei kälterer Witterung würde ein Gasbrennwertkessel die erforderlichen Vorlauftemperaturen zur Verfügung stellen.

Im Vergleich zur bestehenden Energieversorgung würde eine derartige Sanierung pro Jahr eine Primärenergieeinsparung von 193 MWh und einer Reduktion von 44 Tonnen CO₂ ergeben.

5.1.3.2 PV - Anlage

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 10 Jahre	Investitionskosten: 13.200 €	CO₂-Einsparpotenzial: 6,6 t/a	Primärenergieeinsparung: 8,8 MWh



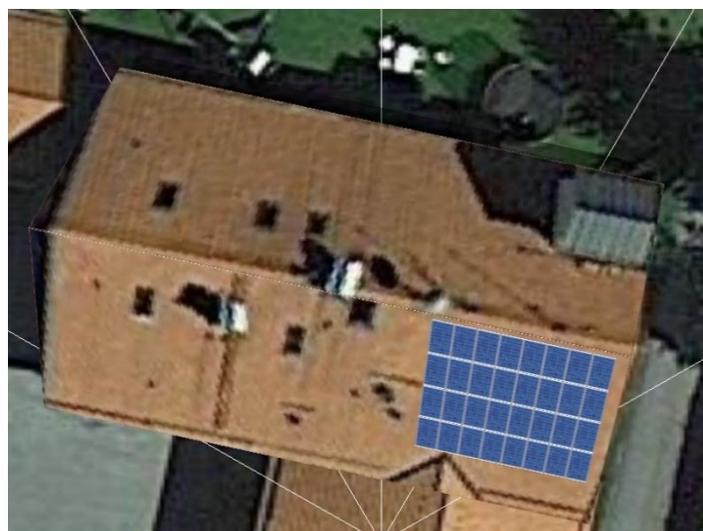
Abbildung 5-14: PV-Anlage auf dem Süddach des Rathauses.

Das Süddach des Rathauses eignet sich gut für die Installation einer Photovoltaik-Anlage. Bei einer Leistung von knapp 10 kWp könnten rund 11.000 kWh Strom erzeugt werden. 45 % des derzeitigen Strombedarfs im Rathaus wären damit gedeckt. Das entspricht einer Reduktion der CO₂-Emissionen von 6,6 t/a und einer Primärenergieeinsparung von

8,8 MWh im Vergleich zum Bundesstrommix. Die Investitionskosten lägen bei 13.200 €. Die Stromgestehungskosten sind mit 0,09 €/kWh um mehr als 50 % günstiger als der Strombezug aus dem Netz (0,22 €/kWh). Durch die mit dem PV-Eigenverbrauch verbundenen Einsparungen von Strom durch Netzbezug und die Vergütung des eingespeisten Stroms liegt die Amortisierungsdauer bei 10 Jahren.

5.1.4 Feuerwehr

PV - Anlage		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 8 Jahre	Investitionskosten: 12.300 €	CO₂-Einsparpotenzial: 6,3 t/a	Primärenergieeinsparung: 13,6 MWh/a



Der rechte Teil des Süddaches des Feuerwehrhauses bietet sich für die Installation einer PV-Anlage gut an. Eine Anlage mit einer Leistung von 9 kWp würde rund 30 % des derzeitigen Strombedarfs decken. Dies würde einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 6,3 t/a, bzw. einer Primärenergieeinsparung um 13,6 MWh/a im Vergleich zum Bundes-Strommix bedeuten.

Abbildung 5-15: PV-Anlage auf dem Feuerwehrhaus.

Für eine solche Anlage liegen die Investitionskosten bei 12.300 €, die Amortisationszeit würde 8 Jahre betragen. Bei Stromgestehungskosten von 0,09 €/kWh ist der PV-Strom im Vergleich zum derzeitigen Strompreis von rund 0,22 €/kWh um mehr als 50 % günstiger als der Strombezug aus dem öffentlichen Netz.

5.1.5 Falianhaus Kinderhort

PV - Anlage		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 12 Jahre	Investitionskosten: 10.000 €	CO₂-Einsparpotenzial: 4,8 t/a	Primärenergieeinsparung: 3,7 MWh/a

Da der Kinderhort überwiegend am Nachmittag Strombedarf hat, würde sich das Süddach gut anbieten um dort eine PV-Anlage zu errichten. Hier dargestellt wird eine etwas kleiner dimensionierte Anlage auf der linken Dachhälfte des Gebäudes. Bei einer Leistung von

7,1 kW und einem Eigenverbrauchsanteil von 26 % liegen die Investitionskosten bei 10.000 € und die Amortisierungsdauer bei 12 Jahren.

Die Stromgestehungskosten betragen 0,09 €/kWh. Damit ist der PV-Strom deutlich günstiger als der aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom (0,22 €/kWh). Durch den Ersatz des bisherigen Stroms aus Netzbezug durch PV-Strom ergibt sich ein CO₂-Einsparpotenzial von 4,8 t/a im Vergleich zum Bundesstrommix und einer Primärenergieeinsparung von 3,7 MWh/a.

5.1.6 Photovoltaik auf kommunalen Wohngebäuden

Die Gemeinde Rottach-Egern ist in Besitz mehrerer Wohngebäude. Einige der Dächer sind sehr gut zur Photovoltaik-Nutzung geeignet. Die gesetzlichen Änderungen im EEG 2017 erlauben wirtschaftlich interessante Modelle zur Eigenstromversorgung dieser Wohngebäude, so dass der auf dem Dach eines vermieteten Gebäudes erzeugte Strom direkt an die Mieter weitergeleitet werden kann. Zusätzlich zur Errichtung der PV-Anlage ist dazu die Umstrukturierung des Zählerkonzepts erforderlich. Zwischen einen Summenzähler für die gesamte Wohnanlage und den Verbrauchszählern für die einzelnen Wohneinheiten wird dann Solarstrom eingespeist. Reicht die Menge aus, wird kein Netzstrom bezogen, Überkapazitäten werden eingespeist und vergütet. Besteht mehr Bedarf, wird zusätzlich zum Solarstrom über den Summenzähler Strom bezogen.

Gemeinsam mit Stromanbietern aus der Region besteht für Hauseigentümer somit die Möglichkeit, ihren Mietern, Stromlieferverträge mit sehr attraktiven Konditionen anzubieten. Abbildung 5-16 verdeutlicht, dass der auf dem Dach eines Mehrfamilienhauses erzeugte PV-Strom den Bewohnern günstiger zur Verfügung gestellt werden kann als herkömmlich bezogener Strom. Für die Gemeinde bietet das zudem die Möglichkeit, ihre Vorbildfunktion zu unterstreichen und aktive Handlungsbereitschaft zur Realisierung der Energiewende zu zeigen.

Als Beispiel und zum Erfahrungsaustausch könnte das Pilotprojekt für Mieterstrom in Tegernsee, bei welchem das E-Werk Tegernsee als Netzbetreiber beteiligt ist, besichtigt werden.

Allerdings ist die dazu erforderliche Abrechnung relativ kompliziert. Zudem müsste die Zählerstruktur bei Bestandsgebäuden aufwendig umgebaut werden. Bundesweit hat sich das Mieterstrommodell bisher aufgrund der unattraktiven Rahmenbedingungen kaum bewährt.

Perspektivisch sollte diese Maßnahme jedoch im Falle einer Änderung der gesetzlichen Bestimmung in Betracht gezogen werden.

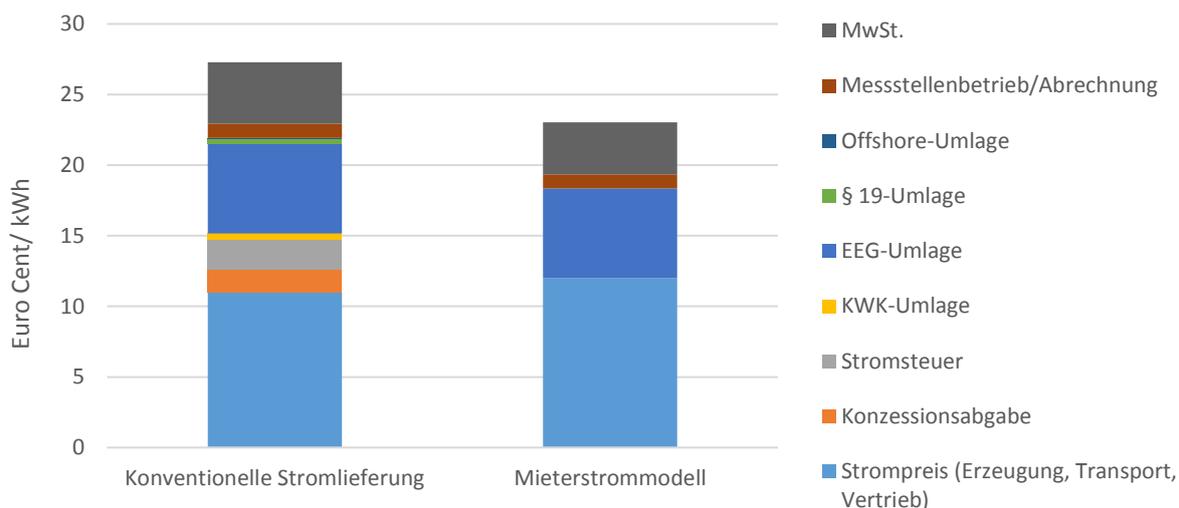


Abbildung 5-16: Konventionelle Stromlieferung vs. Mieterstrommodell.

Alternativ zum klassischen Mieterstrommodell könnten Dachflächen kommunaler Wohngebäude in Teilen einzelnen Wohnungen zugeordnet werden. Der Mieter würde die Anlage ebenso wie die Wohnfläche mieten. Damit wäre er Nutzer und Betreiber der Anlage und könnte ähnlich wie Hausbesitzer eines Einfamilienhauses Eigenstrom vom Dach nutzen.



„Als Mieterstrom wird Strom bezeichnet, der in Solaranlagen auf dem Dach eines Wohngebäudes erzeugt und an Letztverbraucher (insbesondere Mieter) in diesem Wohngebäude oder in Wohngebäuden und Nebenanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang ohne Netzdurchleitung geliefert wird. Der von den Mietern nicht verbrauchte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist und vergütet“ (BMWi 2017).

5.1.7 Fortführung des kommunalen Energiemanagements

Die Gemeinde Rottach-Egern besitzt eine Vielzahl von Liegenschaften. Der derzeitige Strom- und Wärmebedarf der einzelnen kommunalen Gebäude wird in Kapitel 2.4 dargestellt. Um die Energieverbräuche, Kosten und Treibhausgasemissionen im Blick zu haben und dadurch Schwachstellen und Optimierungspotenziale identifizieren zu können, wird empfohlen den Strom- und Wärmeverbrauch über ein Energiemanagementsystem im jährlichen Rhythmus weiter zu erfassen. Dies ermöglicht außerdem die Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen zu überprüfen. Auch die Priorisierung von notwendigen Maßnahmen wird durch ein solches systematisches Energiemanagement erleichtert.

5.2 Wärmeverbund Ortsmitte

Wie bereits von der Firma Regenerative Energien Tegernsee (Re-Teg) in den Jahren 2011 /2012 festgestellt, ist der Bereich der nördlichen Hauptstraße sowie der See- und Überfahrtsstraße der für Wärmelieferungen interessanteste Ortsteil. Sowohl an den älteren

Bestandsbauten entlang der Hauptstraße sowie den zahlreichen Hotels direkt an der Egener Bucht ist ein hoher Wärmebedarf vorhanden. Über eine Wärmetrasse könnte also effizient ökologisch erzeugte Wärme geliefert werden.

Bei der Bestimmung der Potenziale für Energiewendeprojekte ist jedoch nicht nur das ökologische Potenzial ausschlaggebend. Bevor Wärmelieferverträge geschlossen und Investitionen getätigt werden sollen, muss die Wirtschaftlichkeit eines Projekts sichergestellt sein. Bei der hohen Belegung der Straßenzüge durch andere Sparten wie Abwasser, Wasser, Strom, Telefon usw. sind die Kosten für den Tiefbau schwer abzuschätzen und können schnell von geplanten Budgets abweichen. Zudem sind die Preise für fossile Energieträger derzeit noch sehr niedrig, sodass ein Wärmeverbund in der Ortsmitte momentan wirtschaftlich nicht darstellbar ist. Zahlreiche Hotelbetriebe verfügen mittlerweile über große Blockheizkraftwerke. Diese erzeugen vor Ort sowohl Strom und Wärme und stellen so die Energieversorgung der Betriebe sehr günstig sicher.

Unter den momentanen energierechtlichen Rahmenbedingungen ist die Entwicklung eines Wärmeverbunds mit regenerativer Heizenergie wirtschaftlich nicht darstellbar.

Verbesserte Technologien bei der Reinigung von Abgasen aus Biomasse-Anlagen lassen mittlerweile Standorte in zentraleren Lagen zu. Bleiben wird bei der zukünftigen Wahl eines Standorts die Diskussion um die Anlieferung von Hackschnitzeln. Häufige LKW-Anlieferungen wirken sich auf den von Tourismus geprägten Ortskern immer nachteilig aus.

Sollten in den kommenden Jahren Tiefbauarbeiten in den beiden Straßen erforderlich werden, müsste der Preis für eine regenerative Wärmeversorgung nochmals überschlägig ermittelt werden. Es ist durchaus möglich, dass die Preisentwicklungen aufgrund der Besteuerung von Kohlendioxid-Emissionen langfristig zu einer anderen Bewertung führt.

5.3 Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger

Für den Erfolg der Energiewende entscheidend ist nicht nur die Akzeptanz von Großprojekten. Den eigenen Handlungsspielraum zu erkennen und aktiv Beiträge zum Klimaschutz zu fördern, muss das Ziel sowohl in der übergeordneten als auch der lokalen Politik sein. Daher werden folgende Maßnahmen für eine Breitenwirkung in der Energiewende empfohlen.

5.3.1 Energiekarawane Rottach-Egern

Trotz hoher Energiepreise ist die erreichte Sanierungsquote bundesweit immer noch zu gering. Technisch-wirtschaftliche Sanierungspotenziale ganzer Straßenzüge liegen brach, sodass die Klimaschutzziele im Bereich Gebäudesanierung z.T. nicht erreicht werden.

Angebote zur kostengünstigen Energieberatung gibt es im Landkreis Miesbach bereits seit Jahren von der Verbraucherzentrale Bayern. Leider nehmen zu wenige Bürgerinnen und

Bürger die Gelegenheit wahr, sich über Energiesparmaßnahmen zu informieren. Die Gründe dafür sind vielfältig: Der Aufwand für eine Sanierungsmaßnahme wird gescheut, weil damit Lärm, Schmutz und Stress einhergehen. Vielfach fehlen auch Informationen über die technisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen oder es mangelt an der Motivation, sich mit der Sanierung seines Hauses auseinanderzusetzen.

Ein Lösungsansatz: Die Energiekarawane

Die Mehrheit der Bürger erreicht man nur durch persönliche Ansprache. Zu diesem Zweck wurde die Energiekarawane entwickelt und bereits auch in einigen Kommunen im Oberland erfolgreich durchgeführt.

Dabei wird in der gesamten Gemeinde Rottach-Egern über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten ein kostenloser Energiecheck angeboten. Die Anwohner werden jeweils persönlich angeschrieben und können über die Gemeindeverwaltung einen Termin mit zertifizierten Energieberatern der Verbraucherzentrale vereinbaren. Hauptaugenmerk liegt dabei auf Viertel oder Siedlungen, die in den Jahren 1960 bis 1980 errichtet wurden. Gebäude dieser Baujahre sind meist nicht ortsbild-prägend oder denkmalgeschützt, zudem wurde beim Bau in der Regel noch wenig auf Energieeffizienz geachtet.

Die Energiekarawane wurde beispielsweise in Holzkirchen bereits im Jahr 2018 durchgeführt. Dort wurde ein Quartier ausgesucht, in dem mit Wohnbebauung hauptsächlich aus den 1960er Jahren stammt. Die Beratungsquote lag dort bei ca. 20 %.

Die Projektkosten dieser Aktion werden zu 90 % vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert, die verbleibenden 10 % übernimmt die Gemeinde. Die Kosten für die Kommune setzen sich zusammen aus 30 € für jede Beratung (ermöglicht durch die Förderung des Bundeswirtschaftsministeriums) sowie für Öffentlichkeitsarbeit und Durchführung von Veranstaltungen. Die Verbraucherzentrale stellt die Energieberater. Weitere organisatorische Unterstützung erhält die Gemeinde Rottach-Egern von der Klimaschutzbeauftragten des Landkreises sowie der Energiewende Oberland.

Die Auswertung der Verbraucherzentrale über erzielte Energie- und CO₂-Einsparungen durch bundesweit durchgeführte Energiechecks liefern im Durchschnitt pro Check folgende Ergebnisse:

- 56.039 kWh Energieeinsparung über die gesamte Lebensdauer durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check
- 22 t CO₂-Einsparung über die gesamte Lebensdauer durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check
- 2.905 € Investitionen durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check



Nach Art. 57 BayBO sind Bauvorhaben zur energetischen Sanierung, wie z.B. Maßnahmen zur nachträglichen Wärmedämmung an Außenwänden und Dächern, Abgasanlagen in und an Gebäuden und freistehende Abgasanlagen mit einer Höhe bis zu 10 m sowie alle sonstigen Anlagen der techn. Gebäudeausrüstung verfahrensfrei. Für Solaranlagen sind eine Genehmigung und bautechn. Nachweise erforderlich, wenn sie auf geneigten Dächern aufgeständert installiert werden oder geneigt aus der Fassade hervortreten und dabei mehr als ein Drittel der jew. Dach- oder Außenwandfläche einnehmen. Bauordnungsrechtliche Anforderungen nach Art. 6 BayBO sind weiterhin einzuhalten.

5.3.2 Austauschaktion „ältester Heizkessel“

Nach wie vor besteht bei der Anlagentechnik in Gebäuden ein hoher Sanierungsstau. Zwar gibt es Vorgaben aus der ENEC, die einen Austausch von Heizkesseln, die länger als 30 Jahre betrieben wurden, vorschreibt. Ausnahmen gibt es jedoch in selbstgenutzten Ein- und Zweifamilienhäusern sowie für sog. Niedertemperaturkessel. In der Praxis werden Kesselanlagen weit über die wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer hinaus betrieben. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad ist meist noch in Ordnung, so dass Kunden das Effizienzpotenzial in der Regel unterschätzen. Bereitschaftsverluste sowie unkontrollierter Kaminzug sorgen für ganzjährig hohe Schaltfrequenzen auch ohne nennenswerten Wärmebedarf.

Diese Anlagen zeitnah durch moderne Technologien mit möglichst hohen regenerativen Anteilen zu ersetzen, ist Ziel dieser Maßnahme. Damit kann die Gemeinde ohne investive Zuschüsse, die ja bereits von staatlicher Seite vorhanden sind, zusätzliche Anreize schaffen. Eine Verringerung des CO₂-Ausstoßes sowie des Primärenergieaufwands kann so von Seiten der Gemeinde unterstützt werden. Wird z.B. ein Ölkessel mit einem jährlichen Verbrauch von 4.000 Litern Heizöl durch einen modernen Pelletkessel ersetzt, so sinkt der Primärenergiebedarf (also der nicht erneuerbare Anteil der Wärmeerzeugung) von 44 MWh auf ca. 4 MWh ab. Nehmen z.B. 20 Hausbesitzer an dieser Aktion pro Jahr teil, so verringert sich der Primärenergieaufwand je nach Sanierungsvariante um 800 MWh.

Prämiert werden sollen die ältesten Heizkessel, die in einem Kalenderjahr ausgetauscht werden. Die Auswertung erfolgt erst nach Ende des Kalenderjahres, sodass sich hoffentlich viele Gebäudeeigentümer beteiligen. Um den Wettbewerb möglichst einfach zu gestalten, sollten nur folgende Nachweise erbracht werden:

1. Der Austausch eines Gas- oder Ölkessels im Gemeindegebiet von Rottach-Egern muss bis 31.12. des jeweiligen Jahres erfolgt sein.
2. Foto des Typenschildes alt und neu

3. Kaminkehrerbescheinigung alt und neu (außer bei Wärmepumpe) muss eingereicht werden.

Prämiert werden nur Anlagen, bei denen die Neuanlage deutlich zur Reduktion von CO₂-Emissionen sowie des Primärenergiebedarfs beiträgt. Dies sind:

- Grundwasserwärmepumpe
- Luftwärmepumpe + Gas-Spitzenlastkessel
- Gas-BHKW + Spitzenlastkessel
- Brennstoffzelle + Spitzenlastkessel
- Biomassekessel
- Fernwärmeanschluß an Biomasseheizung
- Gas-Brennwert + Solarthermie

Die Bewerbung der Aktion sollte ein Team aus Vertretern der Energiewende Oberland, dem zuständigen Kaminkehrermeister, Vertretern aus dem Gemeinderat sowie der Gemeindeverwaltung organisieren.

Als Prämien könnten Saisonkarten für das See- und Warmbad, Einkaufsgutscheine für die Naturkäserei oder Skikarten für das Skigebiet Suttén usw. sein.

5.4 Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde

Darüber hinaus gibt es einige weitere Bereiche, in denen die Gemeinde aktiv werden könnte, um die Energiewende vor Ort weiter voranzubringen. Diese werden im Folgenden erläutert.

5.4.1 Klimaschutz im Bürgerbote

Mittlerweile hat das Thema Klimaschutz eine gewisse Brisanz erreicht. Bei der Umsetzung stößt man jedoch vielfach auf wenig Kenntnis der aktuellen Marktsituation. Eher versucht man politische Verantwortungsträger für die Realisierung der Energiewende und des Klimaschutzes verantwortlich zu machen. Zahlreiche Maßnahmen könnten jedoch auf breiter Basis umgesetzt werden, wenn deren Einsatzmöglichkeiten bekannter würden.

Im Tegernseer Tal werden zwar Veranstaltungen zum Thema Energiewende und Klimaschutz organisiert, die Besucher sind jedoch häufig bereits überzeugte Aktive. Mit kurzen Beiträgen oder Vorstellungen von gelungenen Projekten im Gemeindegebiet könnte ein Publikum erreicht werden, das sich bisher noch weniger für Energiewende interessiert. **Der Bürgerbote** wäre z.B. eine geeignete Plattform, um Projekte einzelner Mitbürgerinnen oder Mitbürger vorzustellen, die zielführend für den Klimaschutz sind. Ebenso könnten sachliche Beiträge aus dem Arbeitskreis Tegernseer Tal Energie- und Klimaschutz (AT-TEK) dort veröffentlicht werden. Handwerker oder Endkunden könnten ihre Erfahrungen

mit regenerativer Technik oder Effizienzmaßnahmen darstellen. Neuerungen wie z.B. die PV-Balkonmodule oder Brennstoffzellen könnten hier im Einsatz vorgestellt werden.

5.4.2 Klimaschutz in der Bauleitplanung

Für jeden Neubau sollten die optimalen Voraussetzungen zur Erzeugung von Strom und Wärme vor Ort geschaffen werden. Beispielsweise ist der Ertrag einer Solarthermieanlage für die Brauchwasserbereitstellung bei ungünstiger Ausrichtung und Dachneigung im Vergleich zur optimalen Disposition um 10 bis 15 % geringer. Die Berücksichtigung von Klimaschutzbelangen ist deshalb auch eine Verantwortung der Bauleitplanung und wird z.B. im Baugesetzbuch (BauGB) sowie in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) entsprechend hervorgehoben:

- **§1 Abs. 6 BauGB:** „Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind insbesondere zu berücksichtigen: **Nr.7 (f)** die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie. “
- Im **Flächennutzungsplan** können Flächen als Versorgungsflächen ausgewiesen werden und damit Standortentscheidungen für die Gewinnung von erneuerbaren Energien getroffen werden (**§5 Abs. 2 Nr. 2 BauGB**).
- Im **Bebauungsplan** können Gebiete festgesetzt werden, in denen bei der Errichtung von Gebäuden erneuerbare Energie (insbesondere Solarenergie) eingesetzt werden muss (**§9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB**).
- **§11 Abs. 1 Nr. 4 BauGB** sieht ausdrücklich vor, dass Gemeinden **städtebauliche Verträge** schließen können, welche die Nutzung von Netzen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung sowie von Solaranlagen für die Wärme-, Kälte- und Elektrizitätsversorgung zum Gegenstand haben.
- Durch spezifische Festsetzungen im Bebauungsplan z.B. zum Gebäudestandort, zur Gebäudeausrichtung, -höhe und -form, können Festsetzungen in der Baunutzungsverordnung maßgeblich zu einer **energetisch günstigen Bauweise** in der Kommune beitragen.

Im Rahmen des Projekts INOLA wurde in Zusammenarbeit mit dem Klimaschutzmanagement des Landkreises Miesbach ein Baukatalog erstellt (Halmbacher u. a. 2018). Der Leitfaden „Energieeffizienz und Klimaschutz in der Bauleitplanung“ enthält Entscheidungshilfen und Ratschläge für eine energiesparende Bauweise, sowie Informationen zur Erstellung energieeffizienter und klimaschützender Bebauungspläne.

5.4.3 Gründung Energie-Effizienz-Netzwerk für Hotels und Gastätten

Im Gemeindegebiet von Rottach-Egern sind über 130 Beherbergungsbetriebe ansässig. Durch die meist ganzjährige Belegung sowie einem hohen Warmwasserbedarf der Gäste entstehen für die Betriebe erhebliche Kosten für Strom und Heizung. Mit Einführung einer

zusätzlichen Besteuerung auf fossile Energieträger wie Öl und Gas sind zusätzliche finanzielle Belastungen abzusehen. Ähnliches gilt für den Strombezug, der durch zahlreiche Umlagen und Steuern in den vergangenen Jahren erheblich teurer geworden ist.

Durch eine Steigerung der Energieeffizienz können Betriebe dieser Entwicklung gegensteuern. Zudem wird die Nachhaltigkeit eines Unternehmens für gewisse Kundengruppen auch im Tourismus ein wichtiges Auswahlkriterium.

Die Gemeinde Rottach-Egern könnte ihre Hotels und Gaststätten bei der Gründung eines Effizienznetzwerkes unterstützen.

Das bayerische Wirtschaftsministerium unterstützt hier mit der bayerischen Energie-Effizienz-Netzwerk-Initiative *Been-I*. Vorsteile für die Unternehmen sind u.a.:

- Erfahrungsaustausch mit ähnlichen Unternehmen
- Vergleich von Verbrauchsdaten und Lastprofil
- Kostengünstige Energieberatung durch branchenspezifische Berater
- Bessere Nutzung von Förderprogrammen
- Mit dem Logo der Initiative wird das Engagement des Betriebs für Energieeffizienz sichtbar

Ziel eines Energieeffizienz-Netzwerks ist es, durch einen regelmäßigen, moderierten und systematischen Erfahrungsaustausch, die möglichen Einsparpotenziale der einzelnen Unternehmen mit geringerem Aufwand als bei der singulären Energieberatung verfügbar zu machen und somit eine Senkung der Energiekosten zu erreichen. Die Anzahl der teilnehmenden Unternehmen beträgt mindestens 5, liegt idealerweise zwischen 8 bis 15. Die Dauer der Zusammenarbeit erstreckt sich von 2 bis zu 4 Jahren. Ein jährliches Monitoring überprüft das Maß der Zielerreichung. Die erzielten Effizienz-Gewinne und CO₂-Emissionminderungen informieren über den Erfolg des Netzwerkes.

5.5 Übersicht der Maßnahmen

Maßnahme für	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Umsetzbarkeit	Investitionskosten [€]	Amortisierungsdauer [Jahre]	CO ₂ -Einsparung [t/Jahr]	Primärenergie-Einsparung [MWh/a]
Kommunale Liegenschaft	Rückbau Warmwasserverteilung	Grundschule	Energieeinsparung	kurzfristig	k.A.	k.A.	45,0	198,0
	Sanierung Kesselhaus	Grundschule	Energieeinsparung	kurzfristig	Variante 1: 120.000	6	165	850
					Variante 2: 120.000	8	132	594
	Gebäudehülle	Mittelschule	Energieeinsparung	mittelfristig	600.000	k.A.	k.A.	k.A.
	PV-Anlage	Mittelschule	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	32.700	9	16,7	35,4
	Sanierung	Rathaus	Energieeinsparung, Energieerzeugung regenerativ	mittelfristig	k.A.	k.A.	44,0	193
	PV-Anlage	Rathaus	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	13.200	10	6,6	8,8
	PV-Anlage	Feuerwehr	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	12.300	8	6,3	13,6

	PV-Anlage	Falianhaus	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	10.000	12	4,8	3,7
	Photovoltaik auf kommunalen Wohngebäuden	Gemeinde Rottach-Egern	Energieerzeugung regenerativ					
	Fortführung des kommunalen Energiemanagements	Alle Liegenschaften der Gemeinde Rottach-Egern	Energieeffizienz/Energieeinsparung	kurzfristig	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Wärmeverbund	Wärmeverbund Ortsmitte		Energieerzeugung regenerativ	mittelfristig				
Maßnahmen für BürgerInnen	Energie-karawane	Gemeinde Rottach-Egern	Energieerzeugung regenerativ/ Energieeinsparung	kurzfristig				
	Austausch-aktion „ältester Heizkessel“	Gemeinde Rottach-Egern	Energieeffizienz/ Energieeinsparung	kurzfristig				
Sonstige Handlungsoptionen der Gemeinde	Klimaschutz im Bürgerbote	Gemeinde Rottach-Egern	Sonst. Handlungsmöglichkeiten	kurzfristig				
	Klimaschutz in der Bauleitplanung	Gemeinde Rottach-Egern	Sonst. Handlungsmöglichkeiten	mittelfristig				
	Gründung Energieeffizienz-Netzwerk	Hotels und Gaststätten	Energieeffizienz	kurzfristig				

6 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte

Für die Sanierung von Privatgebäuden stehen attraktive Mittel, sowohl zur Komplettsanierung, als auch für Einzelmaßnahmen, zur Verfügung. Über die Hausbanken können Anträge für Zuschüsse und Kredite gestellt werden. Im Folgenden wird eine Auswahl von Programmen im Überblick (Stand 2019) dargestellt.

6.1 Bonusprogramm TEG

Die Tegernseer Erdgasversorgung GmbH & Co. KG bieten bei der Umstellung auf Erdgas-Brennwert-Technik einen einmaligen Umstellbonus in Höhe von 200,- € an.

Um die Energieeffizienz zu unterstützen wird für die Installation einer mit Gas betriebenen KWK-Anlage oder Wärmepumpe ein einmaliger Ökobonus von 1500,- € für maximal 10 Anlagen gewährt. Beide Programme sind bis Ende 2019 befristet. In den vergangenen Jahren wurden sie jeweils verlängert.

6.2 PV-Speicher Programm

Seit 1. August 2019 fördert der Freistaat Bayern mit einem neuen Programm die Installation von zusätzlichen PV-Anlagen, wenn sie mit einem Batteriespeicher ausgestattet werden. Förderfähig sind Anlagen in selbstgenutzten Ein- und Zweifamilienhäusern. Die Höhe der Förderung richtet sich nach den installierten Kapazitäten des Speichers und der Leistung der PV-Anlage:

Nutzbare Kapazität Batteriespeicher und Leistung PV-Anlage	Förderung
3,0 bis 3,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 3,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	500 €
4,0 bis 4,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 4,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	600 €
5,0 bis 5,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 5,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	700 €
6,0 bis 6,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 6,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	800 €
7,0 bis 7,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 7,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	900 €
8,0 bis 8,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 8,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.000 €
9,0 bis 9,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 9,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.100 €
10,0 bis 10,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 10,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.200 €
11,0 bis 11,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 11,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.300 €
usw.	usw.
ab 30,0 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 30,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	3.200 €

Wird im Zuge dieser Maßnahmen auch eine Ladevorrichtung für E-Autos installiert, so ist ein weiterer Zuschuss von 200,- € möglich.

6.3 Verbraucherzentrale Bayern

Seit 2015 bietet die Verbraucherzentrale an sogenannten Beraterstützpunkten kostengünstige Energieberatungen an. Der nächst gelegene Beratungsstützpunkt ist Murnau. Beratungstermine können unter der Tel. 0800 809 802 400 vereinbart werden. Zusätzlich werden auch Energieberatungen im eigenen Haushalt angeboten. Nachfolgend eine Übersicht über die Kosten und Leistungen der Beratungsangebote (Verbraucherzentrale Energieberatung e.V., 2019):

Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.

Leistung	Kosten	Bemerkung
Telefonische Beratung	Kostenfrei	Tel.: 0800 809 802 400
Online-Beratung	Kostenfrei	Onlineformular
Stationäre Beratung	Kostenfrei	Am Landratsamt Miesbach
Basis-Check	Kostenfrei	Terminvereinbarung unter Tel. 0800 809 802 400 Beratung am Gebäude vor Ort
Gebäude-Check	30 Euro	
Heiz-Check	30 Euro	
Brennwert-Check	30 Euro	
Eignungs-Check Solar	30 Euro	

6.4 KfW-Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren - Kredite

Zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden bietet die KfW-Bank das Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren für Häuser deren Bauantrag oder die Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurden, an. Förderfähig sind alle energetischen Maßnahmen, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard führen. Einige Beispiele für förderfähige Einzelmaßnahmen sind:

- die Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken
- die Erneuerung der Fenster und Außentüren
- die Erneuerung oder Optimierung der Heizungsanlage
- die Erneuerung, der Einbau einer Lüftungsanlage

Damit diese Einzelmaßnahmen förderfähig sein können, müssen bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllt werden. Zusätzlich werden Baunebenkosten, Wiederherstellungskosten, Beratungs-, Planungs- und Baubegleitungsleistungen gefördert. Für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder für energetische Einzelmaßnahmen ist dies zinsgünstig, da es unter dem Marktniveau liegt. Das KfW-Programm kann von jedem in Anspruch genommen werden, der Wohnraum energetisch saniert oder sanierten Wohnraum kaufen möchte (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen).

KfW-Programm
151/152 -
Umfang der
Förderung

- *Bis 100.000 Euro für jede Wohneinheit beim KfW-Effizienzhaus oder 50.000 Euro bei Einzelmaßnahmen*
- *Bis zu 27.500 Euro Tilgungszuschuss*
- *0,75 Prozent effektiver Jahreszins*

Dieses KfW-Programm wird aus dem CO₂-Gebäudesanierungsprogramm des Bundes finanziert.

6.5 KfW-Programm 430 Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss

Für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder energetischen Einzelmaßnahmen tritt das Programm 430 Energieeffizient Sanieren-Investitionszuschuss in Kraft. Dieser Zuschuss fördert die energetische Sanierung von Wohngebäuden, für die der Bauantrag oder die Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde. Es sind alle energetischen Maßnahmen förderfähig, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard führen. Falls der KfW-Effizienzhaus-Standard nicht angestrebt wird, werden durch diesen Zuschuss auch Einzelmaßnahmen gefördert:

- die Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken
- die Erneuerung der Fenster und Außentüren
- die Erneuerung oder Optimierung der Heizungsanlage
- die Erneuerung, der Einbau einer Lüftungsanlage

Damit diese Einzelmaßnahmen förderfähig sind, müssen diese bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllen. Zusätzlich werden Baunebenkosten, Wiederherstellungskosten und Beratungs-, Planungs- sowie Baubegleitungsleistungen gefördert. Wenn sanierter Wohnraum gekauft wird, können die Kosten der energetischen Sanierung gefördert werden, vorausgesetzt diese sind gesondert (z.B. im Kaufvertrag) ausgewiesen.

KfW-Programm
430 - Umfang der
Förderung

- *Bis 30.000 € Zuschuss für jede Wohneinheit*
- *Für private Eigentümer, die Wohnraum energetisch sanieren oder sanierten Wohnraum kaufen (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen)*
- *Flexibel kombinierbar mit anderen Fördermitteln*
- *15 % Zuschuss für Heizungs- und/oder Lüftungspakete (Max. 7.500 Euro/ Wohneinheit)*

6.6 Programme für Unternehmen

Im gewerblichen Bereich gelten andere Förderprogramme. Für die Förderung von Energieeffizienz und Umweltschutz gibt es folgende Energieeffizienzprogramme:

- Energieeffizient Bauen und Sanieren (KfW-Programm 276, 277, 278)
- Zuschuss Brennstoffzelle (KfW-Programm 433)
- Produktionsanlagen/-prozesse (KfW-Programm 292, 293)
- Energieeffizienz in der Wirtschaft (KfW-Programm 295 bzw. BAFA-Zuschuss). Zu den gleichen Förderbedingungen stellt die KfW-Bank einen Kredit bzw. das BAFA einen Investitionskostenzuschuss zur Verfügung.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit der Förderung von Energiemanagementsystemen:

- Initialberatung: Vor-Ort-Besichtigung und auf Basis einer Analyse vorhandener energietechnischer Daten
- Detailberatung: Energieanalyse des Betriebs mit konkretem Maßnahmenplan

6.7 BAFA-Zuschuss für erneuerbare Energien (Marktanreizprogramm)

Die Zuschüsse für regenerative Heizsysteme können beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle beantragt werden. Es werden Installationen von umweltschonenden Heizungssystemen auf Basis nachwachsender Rohstoffe gefördert. Die Anträge müssen vor Beauftragung des Bauvorhabens eingereicht werden.

6.7.1 Biomasse-Anlagen

Mit Investitionszuschüssen werden effiziente und emissionsarme Biomasseanlagen gefördert. Gegenstand der Förderung ist die Errichtung oder Erweiterung von Biomasseanlagen für die thermische Nutzung von 5 bis 100 kW Nennwärmeleistung. Die Basisförderung kann in Anspruch genommen werden, wenn in dem Gebäude zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der neuen Anlage bereits seit mindestens zwei Jahren ein anderes Heizungssystem installiert war (Gebäudebestand). Die Basisförderung beträgt 80 € je installierter Nennwärmeleistung bei Errichtung einer automatisch beschickten Anlage mit Leistungs- und Fernwärmeregulierung, sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung von Biomassepellets (auch als Kombikessel). Details dieser Fördermaßnahme können aus Tabelle 6-2 entnommen werden. Über die Basis- und Zusatzförderung hinaus gibt es Innovationsförderungen für Biomasseanlagen, die eine Einrichtung zur Brennwertnutzung oder zur Partikelabscheidung verfügen, sowie für Biomasseanlagen, welche zur Bereitstellung von Prozesswärme betrieben werden. Details hierzu können der BAFA-Homepage entnommen werden (BAFA 2018a).

Tabelle 6-2: Fördermittelübersicht Biomasse aus dem BAFA Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien: Basis- und Zusatzförderung (Zuschuss) (BAFA 2018a).

Maßnahme	Nennwärmeleistung	Basisförderung
Pelletofen mit Wassertasche	5 bis 25,0 kW	2.000 €
	25,1 bis max. 100 kW	80 €/kW
Pelletkessel	5 bis 37,5 kW	3.000 €
	37,6 bis max. 100 kW	80 €/kW
Pelletkessel <i>mit einem Pufferspeicher (neu errichtet) von mind. 30l/kW</i>	5 bis 43,7 kW	3.500 €
	43,8 bis max. 100 kW	80 €/kW
Hackschnitzelkessel <i>mit einem Pufferspeicher von 30l/kW</i>		pauschal 3.500 € je Anlage
Scheitholzvergaserkessel <i>mit einem Pufferspeicher von mind. 55l/kW</i>		pauschal 2.000 € je Anlage

6.7.2 Solarkollektoranlagen (thermisch)

Das BAFA bezuschusst Investitionen in thermische Solarkollektoranlagen. Die Förderung beinhaltet die Errichtung oder Erweiterung von Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung, Raumheizung und Kombinationen aus diesen Möglichkeiten. Die Basisförderung kann nur erhalten werden, wenn in dem Gebäude, zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der neuen Anlage bereits seit mindestens zwei Jahren ein anderes Heizungs- oder Kühlsystem installiert war (Gebäudebestand). Für die genannten Fördersätze der Basis BAFA Förderung Solar gibt es einige Voraussetzungen: Flachkollektoren müssen eine Bruttokollektorfläche von mindestens 9 m² oder mehr haben und der dazu gehörende Pufferspeicher ein Volumen von 40 l/m² Bruttokollektorfläche (bei Warmwasseranlagen: 3 m² und ein Puffervolumen von mindestens 200 l). Vakuumröhren- oder Vakuumflachkollektoren müssen eine Bruttokollektorfläche von mindestens 7 m² oder mehr haben und der dazu gehörende Pufferspeicher ein Volumen von 50 l/m² Bruttokollektorfläche. Zudem wird die Erweiterung einer bestehenden Solarkollektoranlage (Bruttokollektorfläche mindestens 4 m² und maximal 40 m²) gefördert. Über diese Förderungen hinausgehende Zusatzförderungen können der Homepage des BAFA entnommen werden (BAFA 2018a).

Tabelle 6-3: Fördermittelübersicht Solarthermie aus dem BAFA Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).

Errichtung einer Solarkollektoranlage		Basisförderung
<i>Ausschließlich Warmwasserbereitung</i>	3 bis 10 m ² Bruttokollektorfläche	500 €
	11 bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	50 €/ m ² Bruttokollektorfläche
<i>Ausschließlich Raumheizung</i>	bis 14 m ² Bruttokollektorfläche	2.000 €
	15 bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	140 €/ m ² Bruttokollektorfläche
<i>Kombi Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, solare Kälteerzeugung oder Wärmenetz-zuführung</i>	bis 14 m ² Bruttokollektorfläche	2.000 €
	15 bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	140 €/ m ² Bruttokollektorfläche
<i>Erweiterung einer bestehenden Solarkollektoranlage</i>		50 €/ m ² je zusätzlicher Bruttokollektorfläche

6.7.3 Wärmepumpen (bis 100 kW Nennwärmeleistung)

Gegenstand der Förderung ist die Errichtung von effizienten Wärmepumpen bis einschließlich 100 kW Nennwärmeleistung zur:

- Kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung von Gebäuden
- Raumheizung von Gebäuden, wenn die Warmwasserbereitung des Gebäudes zu einem wesentlichen Teil durch andere erneuerbare Energien erfolgt
- Raumheizung von Nichtwohngebäuden
- Bereitstellung von Prozesswärme
- Bereitstellung von Wärme für Wärmenetze

Diese Anträge können ausschließlich für Bestandsgebäude gestellt werden. Zudem muss sichergestellt sein, dass die Wärmepumpe die Voraussetzungen für eine Förderung nach den Förderrichtlinien erfüllt (BAFA 2016). In Tabelle 6-4 sind die Förderungsmöglichkeiten für Wärmepumpensysteme (WP) im Überblick dargestellt:

Tabelle 6-4: Fördermittelübersicht Wärmepumpen aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).

Maßnahme		Basisförderung
Gasbetriebene Wärmepumpen (gasmotorische WP, Sorption WP)	->	100 €/kW; Mindestförderung 4.500 € (bis 45,0 kW)
Elektrisch betriebene Luft/Wasser-WP	->	40 €/kW; Mindestförderung: 1.500 € (bis 37,5 kW)
	Mindestförderbetrag bei leistungsge-regelten und/oder monovalenten WP	1.500 € (bis 37,5 kW)
	Mindestförderbetrag bei anderen WP	1.300 € (bis 32,5 kW)
Elektrisch betriebene Wasser/Wasser-WP oder Sole/Wasser-WP	->	100 €/kW
	Mindestförderbetrag bei elektr. Sole-WP mit Erdsonden-Bohrung	4.500 € (bis 45,0 kW)
	Mindestförderbetrag bei anderen WP	4.000 € (bis 40,0 kW)

Unter folgendem Link kann man sich entsprechend der Ausgangssituation und dem geplanten Vorhaben die mögliche Höhe des Zuschusses berechnen lassen: <https://www.waermepumpe.de/foerderrechner/>. Das Tool enthält Informationen über die BAFA- als auch die KfW-Förderprogramme.

6.7.4 Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen (BAFA)

Durch die KWK-Richtlinie 2004/8/EG werden Blockheizkraftwerke bis 20 kW elektrischer Leistung gefördert. Nach diesem Förderprogramm können neue Blockheizkraftwerke bis 20 kW_{el} in bestehenden Gebäuden einen einmaligen Investitionszuschuss erhalten, dieser ist nach der elektrischen Leistung der Anlage gestaffelt. Förderfähig sind die Neuerrichtungen von strom- und wärme-führbarer Mini-KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} in Bestandsbauten. Für diese Bestandbauten gelten folgende Richtlinien:

- Gelistet auf der Liste der förderfähigen Mini-KWK-Anlagen der BAFA
- Betreut über einen Wartungsvertrag
- Nicht in Gebieten mit einem Anschluss- und Benutzungsgebot für Fernwärme liegend
- Es existiert ein Wärmespeicher mit einem Speichervolumen von 60 Liter Wasser pro kW thermischer Leistung, wobei ein Speichervolumen von maximal 1.600 Liter ausreicht
- Installation eines Stromzählers für den KWK-Strom

- Sofern die Mini-KWK-Anlagen mehr als 10 kW elektrischer Leistung aufweisen, müssen sie auf die Signale des Strommarktes reagieren können.

Die Fördersätze der Basisförderung je installierter kW_{el} für die jeweiligen Leistungsbereiche sind

Tabelle 6-5 zu entnehmen. Abbildung 6-1 stellt den sich daraus ergebenden Zuschuss dar.

Tabelle 6-5: Basisförderung bei Mini-KWK-Anlagen (BAFA 2018b).

Leistung Minimum [kW _{el}]	Leistungsmaximum [kW _{el} .]	Förderbetrag € je kW _{el} kumuliert über Leistungsstufen
>0	<=1	1.900
>1	<=4	300
>4	<=10	100
>10	<=20	10

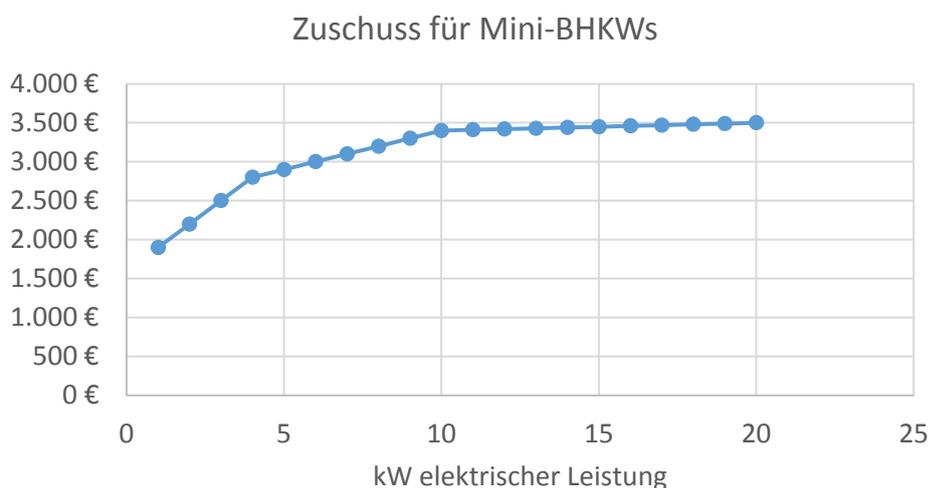


Abbildung 6-1: Zuschuss für Mini-BHKWs.

Bonusförderung Stromeffizienz:

Bei Erfüllung der Anforderungen der Bonusförderung Stromeffizienz (hoher elektrischer Wirkungsgrad) wird zusätzlich zur Basisförderung ein Bonus in Höhe von 60 % der Basisförderung gewährt.

Bonusförderung Wärmeeffizienz:

Diese soll zum verstärkten Einsatz von Brennwertwärmetauschern in Mini-KWK-Anlagen beitragen. Besonders sinnvoll ist der Einsatz von Brennwerttechnik in hydraulisch abgeglichenen Heizungssystemen. Für Anlagen, welche:

- Einen serienmäßigen oder nachgerüsteten Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung aufweisen

- Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs für Heizungssysteme nachweisen. Bei Erfüllung der Anforderungen der Bonusförderung Wärmeeffizienz wird zusätzlich zur Basisförderung ein Bonus in Höhe von 25 % der Basisförderung gewährt. Die Bonusförderungen können nur zusätzlich zur Basisförderung für neue KWK-Anlagen in Anspruch genommen werden.

6.7.5 Heizungsoptimierung

Seit 1. August 2016 wird die Optimierung von bestehenden Wärmeverteilungen mit einem Zuschuss von 30 % gefördert (BAFA 2016). Es werden Leistungen im Zusammenhang mit der Erneuerung von Heizkreis-, Warmwasser- und Zirkulationspumpen sowie der hydraulische Abgleich gefördert. Die Förderobergrenze liegt bei 25.000 Euro. Förderberechtigt sind sowohl juristische als auch Privatpersonen, Gewerbebetriebe und kommunale Träger.

6.7.6 Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)

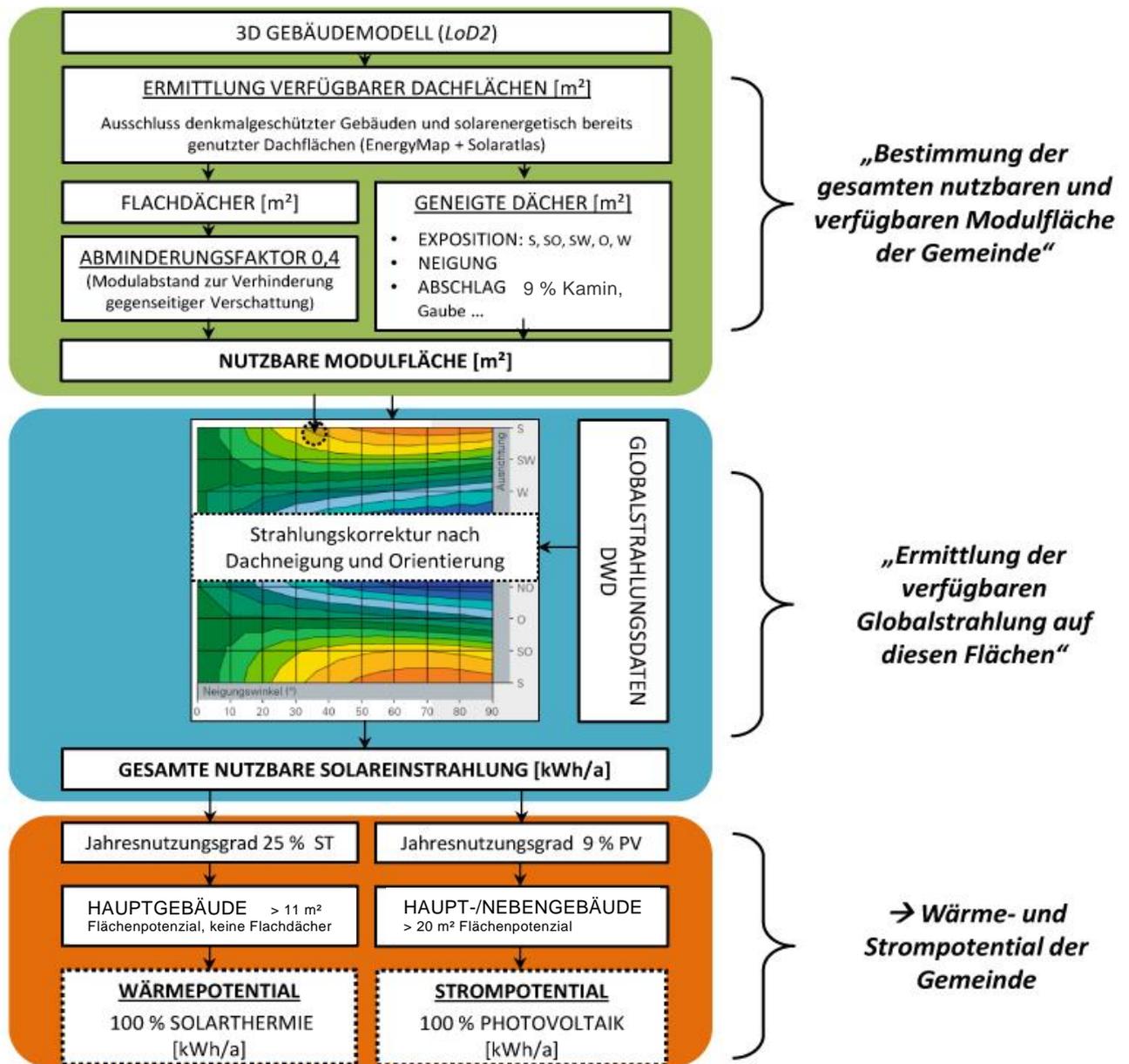
Gefördert wird die Modernisierung von Heizungsanlagen bei Nutzung erneuerbarer Energien. Der Austausch besonders ineffizienter Heizungsanlagen oder die solarthermische Modernisierung in Kombination mit einer Optimierung des gesamten Heizungssystems kann zusätzlich durch das BAFA gefördert werden. Voraussetzung ist eine Antragsberechtigung im Rahmen des Marktanzreizprogrammes und ein Förderantrag nach den Richtlinien.

Tabelle 6-6: Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) aus dem BAFA Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (BAFA 2018a).

Maßnahme	Förderung
<i>Kesseltausch und/ oder solarthermische Modernisierung</i>	20 % des im Rahmen des im Marktanzreizprogramm für die Installation der neuen Anlage bewilligten Gesamtförderbetrags. Zusätzlich: 600 € für die Umsetzung aller erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz am Heizungssystem

Nutzbar ist dieses Anreizprogramm u.a. auch wenn Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen werden.

Anhang 2: Durchgeführte Arbeitsschritte zur Ermittlung des solarenergetischen Potenzials in der Gemeinde Rottach-Egern.



Anhang 3: Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach VDI 2067 mit PVSol: Parameter (Fraunhofer ISE, 2017).

Parameter	Wert
Anfangsdegradation	2 % zzgl. jährliche Degradation 0,5 %
Optimale Ausrichtung der Fläche	Süd 30°
Performance Ratio	je nach Verschattung vom Tool berechnet
Jährliche Kosten	1 % des Systemanlagenpreises
Nutzungsdauer	20 Jahre
Inflationsrate/Preissteigerungen	2 %
nominaler kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Strombezugspreis	Arbeitspreis: 0,22 €/kWh, Grundpreis: 6,90 €/Monat
EEG-Vergütung	0,1231 €/kWh (< 10 kW _p), 0,1187 €/kWh (> 10 kW)
Zeitpunkt der Inbetriebnahme	01.03.2020
Systemkosten	1.300 – 1.500 €/kW _p

8 Literaturverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (2013): *Studienvergleich: Entwicklung der Volllaststunden von Kraftwerken in Deutschland.*

Bad Tölz (2017): „Klimastation Bad Tölz - Wetterstatistik“. Abgerufen am 28.08.2018 von <http://meteo.bad-toelz.de/statistic.php>.

BAFA (2016): „Förderung der Heizungsoptimierung durch hocheffiziente Pumpen und hydraulischen Abgleich (Zuschuss)“. Abgerufen am 02.11.2017 von <http://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Publikation/2016/flyer-bringen-sie-ihre-heizung-auf-den-neuesten-stand.html>.

BAFA (2018a): „Heizen mit erneuerbaren Energien“. Abgerufen am 25.05.2018 von http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/heizen_mit_erneuerbaren_energien_node.html.

BAFA (2018b): „Mini-KWK-Zuschuss bis 20kWel“. Abgerufen am von http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Mini_KWK/mini_kwk_node.html.

Baunetz Wissen (o. J.): „Baunetz Wissen“. Abgerufen am 14.10.2019 von <https://www.baunetzwissen.de/>.

Bayernwerk AG (2018a): *Netzabsatzdaten.*

Bayernwerk AG (2018b): *Netzeinspeisedaten.*

Bayernwerk AG (2018c): *Stromvollkonzession.*

baysf (2018): „Bayerische Staatsforsten AöR“. Abgerufen am 12.12.2018 von <https://www.baysf.de>.

BDEW (2015): *Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren.*

Biogas Forum Bayern (2017): „Plattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern“. Abgerufen am 23.03.2017 von <http://www.biogasforum-bayern.de>.

BLfD (2019): „Denkmaldatenbank“.

BSW (2018): „Solaratlas“. Abgerufen am 27.09.2019 von <http://www.solaratlas.de>.

BWE (2013): *Kleinwindanlagen - Handbuch der Technik, Genehmigung und Wirtschaftlichkeit kleiner Windräder.*

dena (2015): *Energiesparen und Energieeffizienz im Haushalt.*

DWD (2017): „German global radiation grids“. Abgerufen am 19.10.2017 von ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/annual/radiation_global/.

DWD (2018): „Klimadaten“. Abgerufen am 06.09.2018 von <ftp://ftp->

cdc.dwd.de/pub/CDC/.

E-Werk Tegernsee (2018): *Stromerhebung Rottach-Egern*.

E-Werk Tegernsee (2017): „Stromkennzeichnung 2016“. Abgerufen am 22.08.2019 von https://ewerk-tegernsee.de/wp-content/uploads/2018/01/2016_EWS.pdf.

EEG (2017): *Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3106) geändert worden ist*.

Tegernseer Erdgasversorgungsgesellschaft mbH & Co. KG (2019): *Erdgasleitungsnetz Rottach-Egern*.

FNR (2014): *Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014*. Rostock.

Friedlingstein, Pierre; Andrew, Robbie M; Rogelj, Joeri; u. a. (2014): „Persistent growth of CO₂ emissions and implications for reaching climate targets“. In: *Nature geoscience*. Nature Publishing Group 7 (10), S. 709.

Gaudard, A.; Bryner, A. (2018): *eawag. aquatic research*.

GfK (2017): „Kaufkraft Deutschland 2018“. Abgerufen am 24.08.2018 von <http://www.gfk.com/de/insights/press-release/kaufkraft-der-deutschen-steigt-2018/>.

Hähnlein, Stefanie; Blum, Philipp; Bayer, Peter (2011): „Oberflächennahe Geothermie - aktuelle rechtliche Situation in Deutschland“. In: *Grundwasser*. 16 (2), S. 69–75, doi: 10.1007/s00767-011-0162-0.

Halmbacher, Veronika; Mayer, Bernhard; Deingruber, Stefan; u. a. (2018): *Energieeffizienz und Klimaschutz in der Bauleitplanung*.

Hofer, Veronika; Süß, Andreas; Prasch, Monika; u. a. (2016): *Potenzialanalyse für Energien der Region „Energiewende Oberland“*.

Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (2010): *Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien*.

Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas (2014): *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg.

kea (2016): „CO₂-Emissionsfaktoren“. Abgerufen am 18.06.2019 von <http://www.kea-bw.de/service/emissionsfaktoren/>.

LfStat (2017): „Bevölkerungsvorausberechnungen-Demographiespiegel (Gemeinde, Bevölkerung, Geschlecht, Stichtage)“. Abgerufen am 26.03.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.

LfStat (2018a): „Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung (6) , Jahre“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.

LfStat (2018b): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: Bevölkerung , Altersgruppen

- (9), Geschlecht, Stichtag“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018c): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung: Gemeinden, Stichtage)“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018d): „Gebäude- und Wohnungsbestand: Gemeinde, Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche, Stichtage“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018e): „Landwirtschaftszählung: Gemeinde, Betriebe mit Viehhaltung, Viehbestand, Tierarten, Stichtag“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018f): „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: Gemeinden, Beschäftigte am Arbeitsort/Beschäftigte am Wohnort, Wirtschaftsbereiche, Stichtag“. Abgerufen am von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018g): „Statistik Kommunal - Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten“. Abgerufen am 13.11.2018 von <https://www.statistik.bayern.de/statistikkommunal/index.php>.
- LfStat** (2018h): „Tourismus: Gemeinde, Ankünfte, Übernachtungen, durchschnittliche Auslastung, Jahre“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfU** (2016): „Energieatlas Bayern. Solarenergie“. Abgerufen am 28.02.2019 von <https://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=XmzqPAatMX0&wicket-crypt=UVsBaXPeO6k>.
- LfU** (2019): „Energieatlas Bayern - Oberflächennahe Geothermie“. Abgerufen am 04.02.2019 von https://www.energieatlas.bayern.de/thema_geothermie/oberflaeche/nutzung.html.
- LfU** (2013): „Oberflächennahe Geothermie“. Abgerufen am 26.05.2017 von https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_107_oberflaechennahe_geothermie.pdf.
- LMU München** (2011): „GLOWA-Danube Atlas“. Abgerufen am 01.09.2017 von <http://www.glowa-danube.de/atlas/atlas.php>.
- Rogelj, Joeri; Den Elzen, Michel; Höhne, Niklas; u. a.** (2016): „Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C“. In: *Nature*. Nature Publishing Group 534 (7609), S. 631.
- StMUG; StMWIVT; OBB** (2011): *Leitfaden Energienutzungsplan*.
- StMWi** (2017a): „Abwärmeinformationsbörse“. Abgerufen am 18.04.2018 von https://www.energieatlas.bayern.de/thema_abwaerme/abwaermeinformationsboerse.html.
- StMWi** (2017b): „Glossar des Energieatlas Bayern“. Abgerufen am 02.02.2018 von <https://www.energieatlas.bayern.de/glossar/w-z/waermebelegungsdichte.html>.

StMWi (2017c): „Pressemitteilung: Bayerische Staatsregierung beschließt Verordnung über Gebote für Photovoltaik-Freiflächenanlagen“. Abgerufen am 14.12.2017 von <http://www.bayern.de>.

Stroh, Kathrin; Schweinle, Jörg; Liesebach, Mirko; u. a. (2012): *Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht*. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie.

Tegernseer Tal Tourismus GmbH (2018): „Der Tegernsee“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.tegernsee.com/rottach-egern>.

UBA (2017): „Stromsparen: weniger Kosten, weniger Kraftwerke, weniger CO2 Fakten und Argumente für das Handeln auf der Verbraucherseite“. Abgerufen am 21.09.2017 von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3191.pdf>.

Umweltbundesamt (2018): *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2017*.

Umweltministerium Baden-Württemberg (2009): *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen*.

vbw (2012): *Energetische Gebäudesanierung in Bayern - Stand 2012*.

Verein Deutscher Ingenieure (2012): *VDI 2067*.